



AGÈNCIA D'ENERGIA
DE BARCELONA

Plan de energía, cambio climático y calidad del aire de Barcelona (PECQ 2011-2020)



Ajuntament
de Barcelona



Barcelona
pel Medi
Ambient



Plan de energía, cambio climático y calidad del aire de Barcelona (PECQ 2011-2020)

Índice

Presentación	7
Resumen ejecutivo	9

INTRODUCCIÓN

Bloque 1 - EL MARCO DE REFERENCIA

1.1 - El alcance del PECQ	19
1.1.1 - LOS ÁMBITOS DE ACTUACIÓN	19
1.1.2 - LOS OBJETIVOS	20
1.1.3 - LOS ANTECEDENTES	22
1.1.4 - LA METODOLOGÍA	26
1.1.5 - EL PROCESO DE PARTICIPACIÓN	27
1.2 - EL CONTEXTO	31
1.2.1 - ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO	31
1.2.2 - ENERGÍA Y CALIDAD DEL AIRE	42
1.2.3 - LA ENERGÍA EN EL MARCO NORMATIVO	46
1.2.4 - LOS REFERENTES INTERNACIONALES	49

DIAGNOSIS

Bloque 2 - EL PROGRAMA CIUDAD

2.1 - El ámbito de análisis	53
2.1.1 - EL CONTEXTO: LA CIUDAD	53
2.1.2 - BARCELONA EN EL TERRITORIO	54
2.1.3 - LA POBLACIÓN	55
2.1.4 - EL PARQUE DE EDIFICIOS	57
2.1.5 - LOS FACTORES ECONÓMICOS	59
2.1.6 - EL COMPORTAMIENTO SOCIAL	65
2.1.7 - EL PARQUE MÓVIL	68
2.2 - El consumo de energía	75
2.2.1 - EL CONSUMO DE ENERGÍA FINAL	75
2.2.2 - EL CONSUMO POR SECTORES	78
2.2.3 - EL CONSUMO POR FUENTES DE ENERGÍA	83
2.2.4 - EL CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA	94
2.3 - La generación de energía	95
2.3.1 - LA GENERACIÓN GLOBAL	95
2.3.2 - LOS REGÍMENES ORDINARIO Y ESPECIAL	96
2.3.3 - LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN EFICIENTES	103

2.4 - Las energías renovables	106
2.4.1 - LA GENERACIÓN GLOBAL	106
2.4.2 – LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA	108
2.4.3 – LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	114
2.4.4 - EL BIOGÁS	116
2.4.5 - LA MINI HIDRÁULICA	117
2.5 - El suministro energético	118
2.5.1 - EL SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD	118
2.5.2 - EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL	123
2.6 - Las emisiones de gases de efecto invernadero	126
2.6.1 - EL VOLUMEN Y LAS FUENTES DE EMISIONES	126
2.6.2 - LA EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES	128
2.7 - La calidad del aire	134
2.7.1 – EL INVENTARIO DE EMISIONES	134
2.7.2 - LOS DATOS DE INMISIÓN	142

2.8 - Análisis por sectores	153
2.8.1 - EL DOMÉSTICO	154
2.8.2 - EL COMERCIO Y LOS SERVICIOS	165
2.8.3 - LA INDUSTRIA	170
2.8.4 - LA MOVILIDAD (I): CARACTERIZACIÓN DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE	174
2.8.5 - LA MOVILIDAD (II): LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS	185
2.8.6 - LA MOVILIDAD (III): LAS EMISIONES LOCALES Y GLOBALES	193
2.8.7 - LOS RESIDUOS MUNICIPALES	200
2.8.8 – LAS GRANDES INFRAESTRUCTURAS: PUERTO Y AEROPUERTO	205
2.9 - Los planes y proyectos de futuro	207
2.9.1 - LA PLANIFICACIÓN CON CRITERIOS AMBIENTALES	207
2.9.2 – LOS NUEVOS PROYECTOS URBANÍSTICOS	208
2.9.3 - LAS INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE	218
2.9.4 - LAS INFRAESTRUCTURAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS	224

Bloque 3 - EL PROGRAMA MUNICIPAL

3.1 - El ámbito de análisis	229
3.2 - El consumo de energía	231
3.2.1 - EL CONSUMO POR SECTORES	
FUENTES DE ENERGÍA	231
3.2.2 - LAS TENDENCIAS EN EL CONSUMO	235
3.3 - La generación de energía	237
3.3.1 - LA CUOTA DE AUTOGENERACIÓN	237
3.3.2 - LA APORTACIÓN POR FUENTES	
DE ENERGÍA RENOVABLES	238
3.4 - Las emisiones de gases de efecto invernadero	241
3.5 - Análisis por sectores	244
3.5.1 - LOS EDIFICIOS MUNICIPALES (PEMMEM)	244
3.5.2 - EL ALUMBRADO PÚBLICO	251
3.5.3 - LAS FLOTAS DE VEHÍCULOS MUNICIPALES	254
3.5.4 - LA RECOGIDA DE RESIDUOS	258
3.5.5 - OTROS SERVICIOS MUNICIPALES	260

ESCENARIOS Y ESTRATEGIAS DE ACTUACIÓN

Bloque 4 - LOS ESCENARIOS

4.1 - La definición de los escenarios	263
4.2 - El escenario de partida: tendencial	264
4.2.1 - EL CONTEXTO INICIAL	264
4.2.2 - LA EVOLUCIÓN DE LA ACTIVIDAD	
DEL PUERTO Y EL AEROPUERTO	268
4.2.3 - LA EVOLUCIÓN DE LA CIRCULACIÓN VIARIA	269
4.2.4 - LA EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS	271
4.2.5 - LA ESTIMACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO	272
4.2.6 - LA EVOLUCIÓN DEL MIX DE GENERACIÓN	
ELÉCTRICA	274
4.2.7 - LA ESTIMACIÓN DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO	276
4.2.8 - LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES	278
4.3 - El escenario de llegada: PECQ 2020	281
4.3.1 - LAS PREVISIONES GLOBALES	281
4.3.2 - EL IMPACTO ENERGÉTICO Y AMBIENTAL	283
4.3.3 - EL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL	303
4.4 - El cumplimiento del Pacto de los alcaldes	314

Bloque 5 - LA ESTRATEGIA DE ACTUACIÓN

5.1 - La estructura del plan	317
5.2 - Los retos y líneas estratégicas	320
5.2.1. - LOS RETOS	320
5.2.2 - LAS LÍNEAS ESTRATÉGICAS	321
5.3 - Los proyectos	323
5.3.1 - LOS PROYECTOS DEL PROGRAMA CIUDAD	323
5.3.2 - LOS PROYECTOS DEL PROGRAMA MUNICIPAL	354
5.4 - El seguimiento	363

Bloque 6 - LA EVALUACIÓN AMBIENTAL

6.1 - Consideraciones previas	367
6.1.1 - LOS OBJETIVOS Y VALORES AMBIENTALES	367
6.1.2 - LA RELACIÓN CON EL SISTEMA URBANO	369
6.2 - La evaluación	370
6.2.1 - LOS NUEVOS PROYECTOS DEL PECQ	370
6.2.2 - LA PRIORIZACIÓN AMBIENTAL DE LAS ACTUACIONES	377
6.2.3 - LAS DIRECTRICES Y RECOMENDACIONES	386

Conclusiones y reflexiones de futuro	388
Las ciudades en un contexto energético global cambiante	388
El PECQ: la planificación de las evidencias y la gestión de las incertidumbres	390
Siglas y acrónimos	392
Créditos	394

Presentación

El Ayuntamiento de Barcelona aprobó en 2002 el Plan de mejora energética de Barcelona (PMEB), documento innovador que ha constituido el marco de referencia en la política energética de la ciudad en el período 2002-2010. Los 59 proyectos impulsados han permitido avanzar en la mejora de la eficiencia energética, el fomento del ahorro, el impulso de las fuentes de energía locales y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, siempre con la implicación activa de los agentes sociales y económicos de la ciudad, así como del conjunto de la ciudadanía.

Dando continuidad a este PMEBA, la Agencia de Energía de Barcelona ha elaborado un nuevo plan, más extenso, que aborda la coyuntura actual, no sólo en lo que se refiere a la cuestión energética, sino también a la relacionada con el clima y la contaminación atmosférica local: el Plan de energía, cambio climático y calidad del aire 2011-2020 (PECQ). Este nuevo plan, liderado por el Ayuntamiento de Barcelona, debe contribuir a que la ciudad se posicione en el contexto nacional e internacional afronte los retos actuales y, al mismo tiempo, dote a la Administración pública de instrumentos estratégicos que contribuyan a la reducción de las emisiones contaminantes y mejoren la salud de los ciudadanos, fomenten el uso eficiente de los recursos energéticos y disminuyan las emisiones de gases de efecto invernadero.

El PECQ es un documento que actualiza y pone al día el PMEBA con actuaciones más transversales y ambiciosas con las que se quiere dar respuesta al compromiso de Barcelona en el marco del Pacto de los alcaldes de la Unión Europea: reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la actividad municipal en un 20% para 2020. Asimismo, analiza en perspectiva la trayectoria seguida hasta el momento –el grado de

ejecución de los proyectos del PMEBA, las barreras que han dificultado el progreso, las claves del éxito conseguidas...-, y plantea los objetivos y líneas estratégicas de futuro. El PECQ se divide en dos programas complementarios –uno de ciudad y otro municipal-, que profundizan en el tratamiento de los datos de manera más precisa, separando los consumos de la ciudad de los de la actividad municipal, una de las principales novedades de este Plan.

La coordinación y redacción del Programa ciudad (PC), y la elaboración de algunos de los estudios sectoriales, han sido responsabilidad de Barcelona Regional, mientras que la elaboración del Programa municipal y la coordinación global del PECQ han sido asumidas por la Agencia de Energía de Barcelona del Área de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Barcelona.

Resumen ejecutivo

La energía en el metabolismo urbano

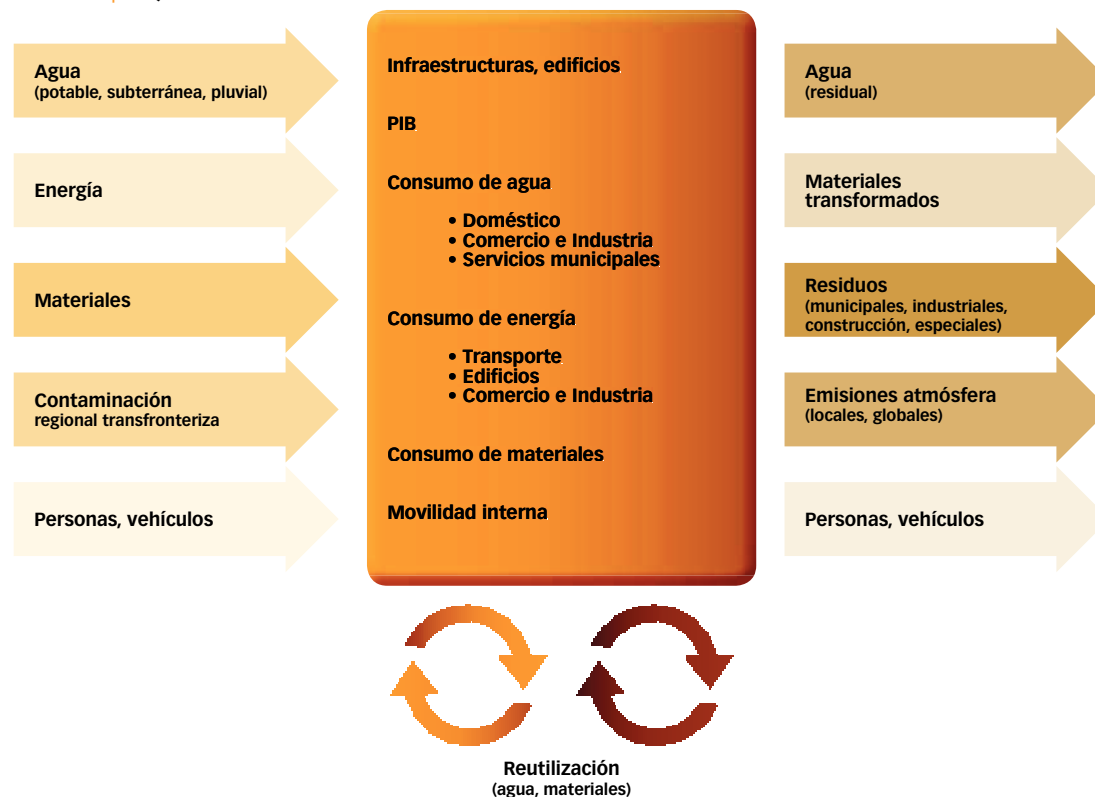
La energía es un recurso fundamental para el funcionamiento de la ciudad, como también lo son el agua, los alimentos o los materiales. Mantener las actividades humanas y los usos y funciones que se concentran en los sistemas urbanos exige la entrada constante de recursos energéticos en sus distintas formas, ya que todos los sectores dependen de éstos (doméstico, transporte, industria y servicios).

Ahora bien, el consumo de energía tiene asociados unos costes –ambientales y económicos, principalmente– que deben conocerse y dimensionarse adecuadamente para minimizar sus impactos –sobre todo sobre la calidad del aire–, e impulsar acciones que vayan encaminadas a fomentar un uso más racional y menos intensivo en carbono de origen fósil. Ahorro, eficiencia y energías renovables son, en este sentido, tres conceptos claves sobre los que tendrán que gravitar las políticas energéticas futuras de los estados e instituciones, ya que el contexto socioeconómico y ambiental internacional (crisis económica, agotamiento de los recursos fósiles, cambio climático...) exige avanzar hacia una nueva cultura de la energía basada en los principios y valores del desarrollo sostenible.

Los sistemas urbanos, sea cual sea su dimensión, deben impulsar nuevas formas de organización y funcionamiento que tengan como objetivo prioritario reducir su huella ecológica y hacer un uso más eficiente de todos los recursos que necesita. Planificar teniendo en cuenta estos criterios, y desde un conocimiento científico y técnico riguroso, el impulso de políticas y estrategias de actuación en el campo de la energía en los próximos años constituye un reto fundamental para las ciudades en los primeros años.

La mejora de la eficiencia de un sistema urbano depende en gran medida en los avances tecnológicos, pero existen también otros aspectos como la comunicación, la educación o los cambios en el comportamiento social y en los patrones de consumo que tienen un papel fundamental (aunque habitualmente también deben superarse barreras socioculturales que frenan este proceso).

FIGURA 1 | ESQUEMA DE FLUJOS DEL METABOLISMO URBANO



Las ciudades y el cambio climático

Las ciudades representan una parte importante del problema del cambio climático, ya que concentran una fracción elevada de las emisiones y del consumo energético mundial. Por esta razón, deben ser también una parte fundamental de la solución. Los sistemas urbanos, además, serán los principales receptores de algunos de los impactos futuros que se prevén como consecuencia del aumento de la temperatura global.

Por este motivo, las ciudades, como las regiones y los estados, deben actuar básicamente en dos frentes: la mitigación y la adaptación. Las actuaciones que se emprendan son claves para la gestión de la cuestión climática, tanto a nivel local, en la medida que mejorarán las condiciones de vida de los ciudadanos, como a escala global, ya que las aglomeraciones urbanas acogen ya más del 50% de la población planetaria. En la Unión Europea, concretamente, este porcentaje aumenta hasta el 74%, con un consumo total de energía de un orden de magnitud similar.

La importancia de la cuestión se refleja en las distintas iniciativas internacionales impulsadas en los últimos años, como, por ejemplo, el Pacto de los alcaldes de la Unión Europea, con el que las autoridades locales adheridas se comprometen a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% para el año 2020, o las realizadas por el International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI), organización formada por ciudades y regiones de todo el mundo cuyo objetivo es actuar en el ámbito local en temas de desarrollo sostenible, con un papel especialmente activo en el ámbito de la gestión energética y el cambio climático.

En las ciudades y sistemas metropolitanos se visualiza claramente la relación entre urbanización, usos de la energía y emisiones de CO₂. La densidad urbana y la organización espacial son factores que influyen en el consumo, fundamentalmente en el transporte y los edificios. La región metropolitana de Barcelona, concretamente, ha experimentado durante la segunda mitad del siglo XX –y, especialmente, en los últimos veinte años– importantes transformaciones urbanas y socioeconómicas que han desembocado en un aumento de la superficie urbanizada y en un proceso de dispersión urbanística. Estos efectos afectan de forma distinta el

comportamiento de la ciudad y su ámbito metropolitano frente al cambio climático, por lo que debe valorarse con detenimiento esta incidencia para plantear las medidas correctoras más adecuadas.

Del PMEB al PECQ 2011-2020

En este contexto, Barcelona ha asumido en los últimos años el reto del cambio climático y los ha incorporado en sus planes de acción municipal y, también, en los distintos instrumentos de planificación sectoriales. Desde el año 2002, cuando la Comisión de gobierno del Ayuntamiento de Barcelona aprueba el Plan de mejora energética 2001-2010 (PMEB), la ciudad cuenta con un plan de acción de alcance municipal que incluye una batería de proyectos y medidas para mejorar la eficiencia energética, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la generación de energía mediante fuentes alternativas y sostenibles.

El nivel de implementación de los proyectos del PMEB ha sido del 71%. Estaban divididos entre aquéllos en los que se podía medir directamente el ahorro de emisiones o gases contaminantes obtenido, y aquéllos que funcionaban como instrumentos para el desarrollo de otros, por lo que sus resultados difícilmente podían cuantificarse de forma directa. En este sentido, los primeros se han ejecutado en un 60%, mientras que los segundos en un 81%.

Al finalizar el período de vigencia del PMEB, el Ayuntamiento de Barcelona decide fortalecer y continuar su política de sostenibilidad con un nuevo plan. Nace de este modo el Plan de energía, cambio climático y calidad del aire 2011-2020 (PECQ), un instrumento de planificación estratégica que plantea las pautas y medidas municipales a impulsar en dicho período, tanto en el ámbito de la eficiencia energética como de la gestión de la demanda o la generación de energía con fuentes alternativas. El PECQ tiene como objetivos:

- Reducir el aumento del consumo municipal de energía.
- Reducir el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero asociado.
- Mejorar la calidad del aire de la ciudad, sobre todo en lo que se refiere a las emisiones de NO_x y PM₁₀.
- Mejorar la calidad del suministro energético.

Se definen, asimismo, una serie de objetivos específicos con respecto al año base de análisis (2008):

- Reducir el consumo de energía final total de la ciudad en un 9,9%.
- Duplicar la generación local de electricidad con energías renovables.
- Reducir las emisiones de GEI en un 17,5%.
- Reducir las emisiones de NO_x un 26%.
- Reducir las emisiones de PM₁₀ un 39%.
- Cumplir los límites de la UE en materia de inmisión de NO₂ y PM₁₀.

El PECQ consta de dos programas independientes pero complementarios: el Programa ciudad, en el que se tratan todos aquellos aspectos relacionados con la demanda y el consumo de energía de los distintos sectores (doméstico, transporte, industria, comercio y servicios...), y el Programa municipal, en el que se tratan aquellos aspectos que dependen sólo del Ayuntamiento (edificios públicos, alumbrado, flotas públicas y servicios urbanos).

La metodología aplicada en la elaboración del PECQ es la misma que se utilizó en el PMEB, aunque en el caso del PECQ se ha contado, además, con el apoyo técnico de grupos de trabajo sectoriales que han centrado sus esfuerzos en estudios específicos de los sectores clave de la ciudad. El PECQ mejora también determinados aspectos metodológicos, entre los que destacan un análisis en profundidad de la calidad del aire de la ciudad mediante la modelización de la dispersión de contaminantes, el análisis del comportamiento social con respecto al consumo de energía, el análisis económico de la ciudad y de los efectos que se pueden derivar de la ejecución de las medidas propuestas en el Plan, y el estudio de los sectores industriales, entre otras mejoras metodológicas aplicadas.

Asimismo, se ha llevado a cabo un amplio proceso de participación con ciudadanos y grupos de interés, que ha reunido a más de 250 personas, tanto expertos como representantes de entidades y asociaciones, empresas, colegios profesionales, sindicatos, gremios, grupos políticos, universidades y centros de investigación, y representantes de las administraciones y empresas públicas. Este proceso ha contado con más de novecientas aportaciones.

Durante la elaboración del Programa municipal también se ha llevado a cabo una sesión de trabajo en la que los distintos actores han realizado otras aportaciones y propuestas sobre aspectos que les competen.

La evolución energética de la ciudad

Como pone de manifiesto la evaluación energética y ambiental de la ciudad, muchos de los datos e indicadores históricos recopilados a lo largo de los últimos años reflejan un crecimiento del consumo energético constante hasta 2005. A partir de este año, sin embargo, se invierte la tendencia observada desde los años noventa, con un decrecimiento del consumo hasta 2008. El motivo de este cambio es que en 2005 se produjo uno de los inviernos más fríos de los últimos doce años, lo cual propició un pico de consumo energético para calefacción y agua caliente sanitaria con respecto a los años anteriores. Esta circunstancia se dio también en otros municipios de Cataluña y el del Estado español. Asimismo, la elaboración del PECQ ha coincidido con la crisis económica y financiera mundial, circunstancia que ha supuesto la reducción del consumo y de las emisiones de GEI desde el año 2008.

El consumo de energía final en 2008 fue de 17.001,78 GWh (cifra equivalente a 10,52 MWh/habitante; con 1.615.908 habitantes censados), mientras que en 1999 se consumieron 15.664,78 GWh (10,42 MWh/habitante). Esto implica una tasa de crecimiento anual acumulado desde 1999 del 0,915 en términos absolutos, y del 0,11% en términos relativos por habitante.

Este nivel de consumo se repartió de la siguiente manera: un 29,9% en el sector terciario, un 27,9% en el doméstico, un 24,1% en el transporte, un 17,2% en el industrial y un 0,8%, en otros sectores como son o pueden ser el primario, el energético, la construcción y las obras públicas. En la distribución por fuentes de energía final predomina la electricidad, con un 44,5%, seguida del gas natural, con un 31,8%, el gasoil y la gasolina, con un 15,4% y un 7,0%, respectivamente, y el GLP (butano y propano), con el 1,4%.

El PECQ consta de dos programas independientes pero complementarios: el Programa ciudad, en el que se tratan todos aquellos aspectos relacionados con la demanda y el consumo de energía de los distintos sectores y el Programa municipal, en el que se tratan aquellos aspectos que dependen sólo del Ayuntamiento

El análisis de la evolución del consumo eléctrico entre 1999 y 2008, concretamente, muestra un incremento de la intensidad, tanto en el sector doméstico (principalmente, entre 1999 y 2005) como en el terciario (entre 1999 y 2007, sobre todo), hecho éste que parece concordar con la evolución del aumento de las TIC (tecnologías de la información y la comunicación) en las casas y oficinas, y del número y diversidad de electrodomésticos y aparatos electrónicos en el mercado (si bien éstos han mejorado su eficiencia energética en los últimos años). Este incremento del consumo eléctrico queda contrarrestado por un fuerte descenso, posterior a 2005, de la intensidad del consumo de gas natural en los mismos sectores, probablemente debido al inicio por los efectos climáticos y, posteriormente, a la crisis económica.

El consumo energético del sector industrial en 2008 se situó prácticamente en los mismos niveles de 1999, aunque en este período experimentó oscilaciones. Hasta el año 2005 se mantuvo constante para, posteriormente, reducirse hasta alcanzar valores similares a los de los años noventa. El consumo energético del transporte, por su parte, aunque en 2008 presentaba unos valores por encima de los de 1999, desde el 2001 manifiesta una ligera disminución sostenida, comportamiento debido probablemente a las políticas impulsadas por la administración pública para mejorar la competitividad del transporte colectivo frente al privado, así como los avances conseguidos en la eficiencia energética de los vehículos nuevos.

El crecimiento económico de la ciudad también ha influido en la demanda energética, si bien el crecimiento del PIB ha sido superior al del consumo energético, hecho éste que indica que la riqueza se ha generado con una demanda de energía menor. De esta forma, la intensidad energética a partir de 2005 se ha ido reduciendo (es decir, con una mayor eficiencia energética del macrosistema), dando como resultado una tasa anual de -1,11% entre los años 1999 y 2008, con un valor de 269,44 Wh/€. Se trata de una tasa muy positiva, por encima de los valores de reducción del Estado español (-1,01%, 1999-2008) y del conjunto de Europa (-1,03%, 1999-2005).

Considerando la energía en origen, el año 2008 Barcelona consumió 30.783,6 GWh de energía primaria, cantidad que equivale a 19,05 MWh/hab, con una aportación (teniendo en cuenta el mix de generación eléc-

trica de Cataluña) del 45% de energía nuclear, del 36,1% de gas natural, del 12,4% por combustibles líquidos, y del 3,2% de la hidráulica y otras fuentes renovables.

Según el balance eléctrico anual 2008, el 68% de la electricidad que consumieron los municipios de Barcelona y Sant Adrià de Besòs se generó en las instalaciones ubicadas en la ciudad de Barcelona y la zona de la desembocadura del río Besòs. Se espera, por tanto, que con las nuevas centrales térmicas de ciclo combinado (Besòs 5 y la CTCC del Puerto de Barcelona), se cubran con creces las necesidades de estos dos municipios y otros de sus alrededores. De esta forma, a corto plazo, este ámbito territorial tendrá potencia instalada suficiente como para poder exportar electricidad.

Sobre la evolución de las energías renovables en los últimos años, cabe destacar, en especial, la de la energía solar térmica asociada a la Ordenanza solar, que permitió alcanzar el año 2008 los 65.506 m² de colectores solares para calentar agua (el año 1999 sólo había 2.500 m²). Se registraron también 6.116,5 kWp de potencia tramitada por la Agencia de Energía de Barcelona de placas fotovoltaicas (2,5 kWp en 1999), y 2008 fue el primer año en que la energía fotovoltaica de propiedad privada superó la de propiedad municipal.

La evolución de las emisiones locales y globales

Con respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), el año 2008 se emitieron 4.053.765,5 t (considerando el mix eléctrico de Cataluña), cifra que implica una ratio de 2,51 t GEI por habitante y año. La tasa de incremento medio anual entre los años 1999 y 2008 fue del -1,72%, ya que el año 1999 se emitieron 4.737.299,9 t (3,15 t/hab-año). Debe tenerse en cuenta que, debido a variaciones en la metodología de cálculo y la actualización de los factores de emisión (aplicada tanto a los nuevos cálculos como a los históricos), estos datos difieren ligeramente de los publicados en el PMEB.

Sin embargo, no toda la reducción de emisiones de GEI de la ciudad entre 1999 y 2008 tiene que ver con mejoras de eficiencia energética, sino que una parte importante de este descenso en las emisiones responde, por

El crecimiento económico de la ciudad también ha influido en la demanda energética, si bien el crecimiento del PIB ha sido superior al del consumo energético, hecho éste que indica que la riqueza se ha generado con una demanda de energía menor.

un lado, a los cambios producidos en este período en lo que a mejora del tratamiento de residuos sólidos urbanos se refiere y, por la otra, a actualizaciones metodológicas de los factores de emisión.

La fuente principal de emisiones de GEI fue el sector del transporte (26,2%), seguido del doméstico (20,6%), el del sector comercial y servicios (19,4%), de la industria (13,5%), y de otros sectores (0,5%) como el primario, el energético, la construcción y las obras públicas. El 8,1% de las emisiones correspondieron al tratamiento de residuos municipales, y el 11,8% a las actividades del Puerto y del Aeropuerto de Barcelona que impactan sobre la ciudad.

El PECQ analiza también, mediante la modelización de la dispersión de aquellos contaminantes locales que tienen niveles de inmisión por encima de los valores legislados por la Unión Europea, la concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2) y de las partículas menores de $10\ \mu$ de diámetro (PM_{10}) presentes en el aire de la ciudad y que afectan, en concentraciones elevadas, la salud de las personas. Este análisis ha permitido determinar el origen de los focos emisores y los posibles escenarios de futuro que pueden garantizar el cumplimiento normativo de los límites fijados desde el año 2010 por la Unión Europea.

Como resultado de la modelización, y de la posterior calibración del modelo con las estaciones de la Red de vigilancia y previsión de la contaminación atmosférica de Cataluña (XVPCA) ubicadas en Barcelona y sus alrededores, se ha detectado que, como media anual, el 65,6% de los NO_2 presentes en el aire de Barcelona proceden del motor de los vehículos, el 8,6% del sector doméstico y terciario (gas natural y GLP), el 4,8% del sector industrial y de la generación de energía, el 2,1% del Puerto, y el 0,1% del Aeropuerto. Un 8,6% tiene su origen en la contaminación de fondo (procedente de focos externos al municipio), y un 10,1% de contaminación de fondo local (focos emisores internos con niveles de emisión o perfiles de emisión distintos a los modelizados).

Con respecto a la procedencia de las PM_{10} , se constata la gran influencia de la contaminación de fondo, que aporta casi la mitad (47,9%) de las partículas presentes en el aire ($17\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ según la estación del Cabo de Creus-Girona). Respecto a la inmisión procedente de la ciudad, destacan

las emisiones del tráfico, con un 11% de la inmisión, las del sector industrial y de generación de energía, que suponen un 0,3%, y las de las actividades portuarias, también con un 0,3%. Las grandes obras y las actividades extractivas representan un 0,2%, mientras que la influencia del Aeropuerto sobre la media anual es casi imperceptible.

En cuanto a las emisiones de PM_{10} , un 40,2% de éstas tienen su origen en la contaminación de fondo local. Esto dificulta la identificación de los focos emisores de partículas ya que, además de generarse en los procesos de combustión (como sucede con los NO_x), también pueden proceder de las obras, de pavimentos no asfaltados, de la *resuspensión* de polvo, etc.

El conocimiento transversal de la cuestión energética

Durante la elaboración del PECQ, se ha realizado un esfuerzo para que los temas de estudio del Programa ciudad fueran lo más transversales posibles, ya que las tendencias energéticas afectan prácticamente a todos los ámbitos de Barcelona. En este sentido, se ha trabajado para conocer con detalle los aspectos relacionados con el comportamiento de las personas, por lo que se ha llevado a cabo un análisis social relacionado con el uso racional de la energía y la percepción ciudadana frente al cambio climático. Esto explica que la estrategia de actuación del PECQ otorgue gran valor a la sensibilización social y ciudadana, y lo dote de información e instrumentos que permitan tomar decisiones e impulsar acciones que favorezcan los objetivos planteados en el documento.

Otra cuestión fundamental analizada en el PECQ ha sido la de la rehabilitación energética de los edificios, ya que Barcelona es una ciudad con pocas posibilidades de expansión urbana. Por este motivo, se han planteado distintas propuestas relacionadas con la vinculación entre planificación urbanística y eficiencia energética. Asimismo, el sector del transporte y la movilidad, como el principal responsable de la calidad del aire y consumidor de un 24% de la energía final de la ciudad, es observado con detalle en el PECQ. Sin olvidar tampoco otros vectores como el de los residuos, la calidad del suministro energético o la generación de energía mediante recursos locales renovables. Finalmente, el análisis energético considera también el sector económico de la ciudad, que incluye la industria y las infraestructuras del Puerto y del Aeropuerto.

Durante la elaboración del PECQ, se ha realizado un esfuerzo para que los temas de estudio del Programa ciudad fueran lo más transversales posibles, ya que las tendencias energéticas afectan prácticamente a todos los ámbitos de Barcelona.

Este análisis ha llevado, por tanto, a plantear un total de 108 proyectos que abordan todos y cada uno de los temas y problemas detectados. Debe añadirse que, además de los proyectos definidos, también se han añadido aquellas medidas o proyectos elaborados y aprobados con anterioridad al PECQ que son relevantes para Barcelona, tanto desde el punto de vista energético como en lo que se refiere a las emisiones de contaminantes.

El carácter transversal de la cuestión energética requiere contar la complicitad de muchos sectores de la ciudad para alcanzar con garantías los objetivos de un plan de energía local. Uno de los principales agentes implicados es el propio Consistorio municipal, quien debe asumir en su estrategia de gobierno los retos ambientales actuales. Por ello, es fundamental contar con un Programa municipal que aporte al Ayuntamiento instrumentos que le permitan liderar la actuación a favor del clima y la mejora de la calidad del aire.

El objetivo es que el éxito de la acción municipal sea un estímulo para que el conjunto de la ciudadanía haga suyos también los compromisos de la ciudad. Esta visualización del esfuerzo del Ayuntamiento en actuaciones y aspectos que hacen referencia al ahorro energético, la eficiencia, la reducción de las emisiones y el uso de las energías renovables, debe contribuir a romper mitos y barreras que se asocian con ciertas actitudes y tecnologías. En este sentido, el Programa municipal tiene en cuenta otros planes del Ayuntamiento (Plan de movilidad urbana, Plan de turismo...), y considera la situación de distintos sectores y ámbitos municipales relacionados (alumbrado, movilidad, equipamientos deportivos, etc.)

En lo que se refiere al consumo energético, el conjunto de ámbitos incluidos en el Programa municipal consumieron 473 GWh en 2008, lo que supuso la emisión 84.402,6 t de GEI (el 2,8% del total de la ciudad). Los principales centros de consumo fueron los edificios municipales, con un 52%; el alumbrado público, con un 20%; y la flota de recogida de residuos, con un 16%; los servicios municipales consumieron un 9%, y otras flotas municipales, un 3%. Por vectores energéticos, prácticamente el 60% del consumo se realizó en forma de electricidad, el 24,5% de gas natural, y el 11,5% de gasoil. Debe destacarse la aportación del 1,5% de la energía solar térmica, por encima de otras fuentes como la gasolina (0,5%) o muy

cerca del GLP (2%). Estos consumos municipales son la base de trabajo para alcanzar una reducción de las emisiones asociadas del 20% en el año 2020 mediante la aplicación de 23 proyectos definidos en el Programa municipal.

En cuanto a la demanda energética de los edificios municipales, se ha elaborado un plan específico denominado PEMEEM (Plan de ahorro y mejora de la eficiencia en edificios municipales) que, bajo el paraguas del PECQ, tiene como objetivo acelerar todas las medidas relacionadas con este sector.

El impacto global del PECQ

El conjunto de proyectos del PECQ se prevé que permitan una reducción del consumo de energía final de 1.678,85 GWh/año, con una reducción también de las emisiones de 709.005,17 t/año en el caso de los GEI, de 2.742,51 t/año en el de los NO_x, y de 288,08 t/año en el de las PM₁₀.

La estrategia de actuación del PECQ permitirá alcanzar, por tanto, un ahorro de energía final de un 9,9% del consumo energético de la ciudad con respecto al año 2008, y una reducción de las emisiones de GEI del 17,5%. En lo que se refiere al objetivo de mejorar la calidad del aire, los proyectos del PECQ inducirán una reducción del 26% y del 39% de las emisiones de NO_x y PM₁₀, respectivamente.

Además, hay que tener en cuenta que, en términos económicos, el PECQ generará un impacto positivo considerable sobre la economía de Barcelona. Las inversiones necesarias para impulsarlo significarán un incremento del PIB de la ciudad del 0,97% y la creación de 21.800 puestos de trabajo, un 43,6% de los cuales (unos 9.500), estarán ubicados en la comarca del Barcelonés. Este nivel de ocupación se irá consiguiendo a razón de una media de 2.180 puestos de trabajo anuales, a lo largo de la duración del Plan.

El ahorro energético contribuirá también a mejorar la competitividad de las empresas y aumentará la renta de los ciudadanos y los recursos de la Administración. Esto conllevará un incremento anual adicional del PIB del

Barcelonés de prácticamente 53,6 M€ (un 0,08% anual). Se crearán 1.070 puestos de trabajo más cada año, un 0,09% de los cuales estarán situados en la comarca del Barcelonès. Cabe destacar este incremento adicional ya que, a diferencia del impacto comentado en el párrafo anterior, tendrá una mayor permanencia en el tiempo y se consolidará en la economía local más allá de la duración del propio Plan.

En lo que concierne al Programa ciudad, éste tiene también una rentabilidad positiva, con una TIR del 3,60% anual. Si se suman los efectos de las externalidades derivadas de la valoración de intangibles, como la reducción de las emisiones contaminantes, la rentabilidad socioeconómica aumenta hasta el 6,56%. Cualitativamente, muchos de los proyectos generarán igualmente un impacto favorable sobre el tejido productivo de la ciudad y su área de influencia. En este sentido, además de las cifras estrictamente económicas, el Plan servirá de estímulo para avanzar hacia economías especializadas en áreas de conocimiento y productivas de un alto potencial estratégico.

Finalmente, el coste total de las medidas propuestas en el PECQ será de 2.431,74 M€, de los cuales se estima que el Ayuntamiento de Barcelona deberá aportar 1.960,22 M€ (el proyecto Despliegue de una nueva flota de limpieza con flota de vehículos ambientalizada ya supone un coste de 1.743,40 M€ (proyecto incluido en el Programa municipal). Debe apuntarse, sin embargo, que el 22% de los 108 proyectos del PECQ no han podido ser cuantificados, ya que su aplicación depende de otras administraciones o instituciones, por lo que han sido incluidos en el PECQ sólo con los datos que se han podido recopilar.

Introducción - BLOQUE 1

EL MARCO DE REFERENCIA



1.1 - El alcance del PECQ

1.1.1 - LOS ÁMBITOS DE ACTUACIÓN

El ámbito territorial del Plan de energía, cambio climático y calidad del aire de Barcelona (PECQ) es la ciudad de Barcelona. No obstante, el análisis de determinadas cuestiones ha requerido ajustar los límites a la unidad funcional de estudio o a la actuación requerida.

El PECQ tiene un horizonte temporal de 10 años (2011-2020), y está vigente desde la finalización del período de aplicación del Plan de mejora energética de Barcelona 2002-2010 (PMEB), el 31 de diciembre de 2010. Consta de 7 programas y 108 proyectos, y se estructura en base a dos programas que se complementan pero que tienen una escala territorial diferente:

- **Programa ciudad** (85 proyectos).
Contempla todos aquellos aspectos generales de la ciudad, excepto lo que son competencia directa del Consistorio Municipal. Incluye los sectores doméstico, comercial, industrial, la movilidad viaria (sin considerar los vehículos municipales), el transporte público, la generación energética, la gestión de residuos, etc.

- **Programa municipal** (23 proyectos)

El análisis y plan de actuación de este programa abarcan estrictamente las competencias municipales directas. Incluye los edificios municipales, el alumbrado, los servicios públicos, las flotas municipales, y la recogida de residuos, entre otros.

Barcelona, no obstante, está inscrita en un territorio más amplio, tanto desde el punto de vista administrativo y funcional (ámbito metropolitano), como desde un punto de vista ecosistémico. Por este motivo, los aspectos relativos a la gestión del sistema energético, la calidad del aire y el cambio climático no quedan restringidos a los límites municipales, sino que consideran escalas mayores, como mínimo metropolitana.

FIGURA 2 | LOS ÁMBITOS DEL PECQ



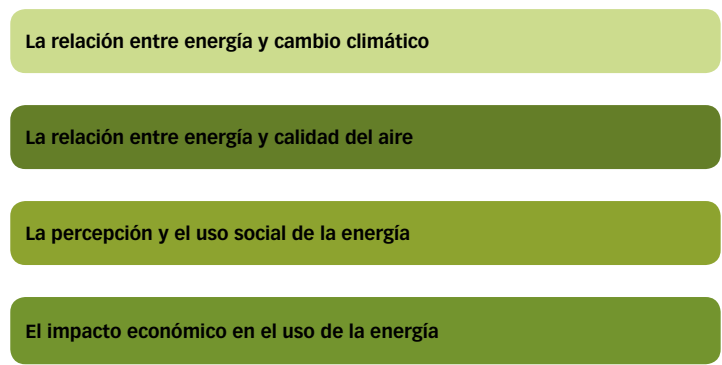
El PECQ profundiza en aspectos ya tratados en el PMEB, pero que han ganado protagonismo en los últimos años:

- la gestión de la demanda, la comunicación y la sensibilización,
- las redes de transporte y distribución eléctrica,
- los nuevos combustibles y fuentes de energía,
- la incidencia de las grandes infraestructuras (Puerto y Aeropuerto),
- la situación del sector industrial,
- el comportamiento energético de las instalaciones y servicios del Ayuntamiento.

Asimismo, incorpora perspectivas innovadoras sobre la relación entre energía, contaminación atmosférica y cambio climático, además del consumo y de las emisiones en la distribución y reparto de mercancías.

El PECQ tiene, además, una **naturaleza transversal**, ya que plantea actuaciones relativas a ámbitos que son objeto de análisis en otros planes estratégicos municipales, y que tienen repercusión sobre sus aspectos energéticos: Plan de movilidad urbana, Plan director de infraestructuras, Proyecto de evaluación de la calidad de los servicios de suministro eléctrico en Barcelona o el Plan de turismo, entre otros.

FIGURA 3 | LAS PERSPECTIVAS DEL PECQ



1.1.2 – LOS OBJETIVOS

El PECQ 2011-2020 es el instrumento del que se dota la administración local en este período para:

- avanzar en la mejora de la eficiencia energética y la reducción del consumo de energía del municipio,
- reducir el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI),
- mejorar la calidad del aire urbana o, sobre todo en lo que se refiere a los NO_x y las PM_{10} ,
- y mejorar la calidad del suministro energético.

El PECQ debe, también, dar respuesta al compromiso adoptado por la ciudad de reducir las emisiones de GEI asociadas a la actividad municipal un 20% para el año 2020.

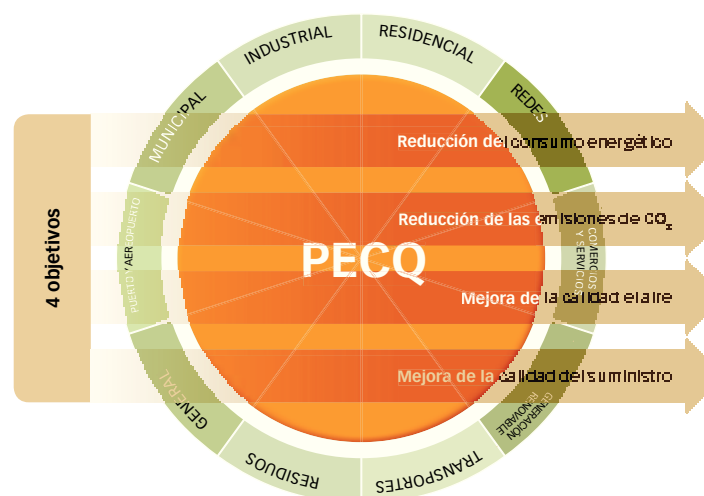
Para conseguir estos retos, el PECQ 2011-2020 se plantea una serie de objetivos estratégicos y específicos que enmarcan la diagnosis y el planteamiento de la estrategia de actuación. Son los siguientes:

OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

- Posicionar Barcelona en la coyuntura energética actual a nivel catalán, español y europeo, redefiniendo la estrategia energética con nuevos objetivos y propuestas de actuación.
- Establecer una estrategia municipal con relación al cambio climático y la calidad del aire, plenamente coordinada con la estrategia energética.
- Dar visibilidad al compromiso en el conjunto del Ayuntamiento, desde sus máximos niveles de responsabilidad, y generar un clima de complicidad entre todos los agentes que participan en la concepción y desarrollo del nuevo Plan.
- Posicionar Barcelona en el horizonte 2020 como una ciudad altamente competitiva. La eficiencia energética, la generación mediante fuentes de energía renovables y la calidad del aire deben contribuir a conseguir este objetivo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Implicar la ciudadanía en el Plan mediante proyectos ambiciosos en los ámbitos de la sensibilización de los ciudadanos y la comunicación.
- Incorporar los planes vigentes y futuros a escala local y autonómica, así como las nuevas directivas y legislaciones de rango superior.
- Definir unos escenarios futuros, posibles y deseables, y establecer para éstos unos objetivos cuantificables.
- Determinar y definir las acciones y proyectos a realizar para alcanzar el escenario objetivo definido, mediante el planteamiento de líneas estratégicas diversas.

FIGURA 4 | LOS OBJETIVOS DEL PECQ**FIGURA 5 | ESTRUCTURA, CONTENIDOS Y OBJETIVOS MARCO DEL PECQ**

1.1.3 – LOS ANTECEDENTES

Los hitos ambientales y energéticos de la ciudad

La ciudad de Barcelona ha sido tradicionalmente impulsora de iniciativas para incorporar la cuestión ambiental en la planificación y la gestión urbana, y avanzar en la aplicación de los principios y valores de la cultura de la sostenibilidad en las políticas municipales. Esta estrategia se ha puesto también de manifiesto en los ámbitos del ahorro y el uso eficiente de la energía, y del fomento de las fuentes de energía renovables.

El Pleno del Ayuntamiento de Barcelona aprobó en 2002, el Plan de mejora energética de Barcelona 2002-2010 (PMEB), un documento estratégico de alcance municipal que consistía en un análisis energético y de emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero de la ciudad

Tras suscribir la Carta de Ciudades y Pueblos Europeos hacia la Sostenibilidad (Carta de Aalborg), durante la primera Conferencia Europea de Ciudades y Pueblos Sostenibles celebrada el año 1994, Barcelona impulsa en 1995 la **Comisión de Política Medioambiental y de Sostenibilidad** como elemento impulsor del proceso de elaboración de la **Agenda 21 de Barcelona**. Tres años más tarde, en 1998, constituye el **Consejo Municipal de Medio Ambiente y Sostenibilidad**, responsable de actuar como órgano promotor de la Agenda 21 y de un foro de participación de los sectores y entidades públicas y privadas implicadas.

En el marco de este Consejo, en 1999 se impulsan 13 grupos de trabajo que plantean reflexiones y propuestas sobre un conjunto de temas clave en la estrategia de sostenibilidad urbana: la energía, el agua, los residuos, el espacio urbano, la educación, la participación, la movilidad, la actividad económica, la solidaridad o los impactos globales del sistema urbano barcelonés.

Posteriormente, en mayo de 2002, el Consejo de Medio Ambiente y Sostenibilidad aprueba el texto del **Compromiso Ciudadano para la Sostenibilidad-Agenda 21 de Barcelona**. Dicho texto es el resultado de más de tres años de trabajo del Consejo y de las aportaciones de centenares de entidades y personas para definir y consensuar diez objetivos y cien líneas de acción (diez por objetivo) para el período 2002-2012. Este centenar de líneas de actuación contemplan todos los ámbitos de la vida urbana y sus

impactos más allá de los límites municipales. El objetivo 5, concretamente, incluye distintas líneas de acción relacionadas con la realidad energética de Barcelona.

En el mismo período, se presenta el **Programa de actuación municipal 2000-2003**, en el que se recoge un conjunto de iniciativas y propuestas encaminadas a la mejora de la calidad ambiental de la ciudad y la implantación de un modelo basado en la nueva cultura de la energía: el desarrollo de infraestructuras de transporte público, la creación de espacios verdes, la promoción de un diseño urbanístico y de un modelo de construcción más sostenible, el fomento de las energías limpias o la reducción del consumo energético de los edificios municipales, entre otros temas.

En el ámbito específico de la actuación energética, en julio de 1999 se aprueba la **Ordenanza solar térmica**, que entra en vigor un año más tarde, y en 2002, en el Plenario del Ayuntamiento, el **Plan de mejora energética de Barcelona 2002-2010 (PMEB)**, un documento estratégico de alcance municipal que consiste en un análisis energético y de emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero de la ciudad, y un plan de acción con propuestas concretas (54 proyectos o unidades de actuación más 5 proyectos complementarios) para avanzar en la mejora de la eficiencia energética, la reducción de las emisiones y el fomento de las fuentes de energía renovables.

Posteriormente, el año 1996 se crea BarnaGEL, entidad que, bajo el paraguas del programa de la Comisión Europea SAVE, empieza a realizar las funciones de agencia local de energía de la ciudad. El año 2002 se constituye finalmente la actual **Agencia de Energía de Barcelona (AEB)** para ejecutar las propuestas del PMEB, tanto mediante la gestión de proyectos de infraestructuras energéticas o de instalaciones de energías renovables, como mediante la definición de políticas de información, difusión y sensibilización social con respecto al uso de la energía. La AEB tiene también como objetivo realizar un seguimiento del consumo energético y de las emisiones de la ciudad, y como instrumento de control y seguimiento de la evolución del impacto de los proyectos ejecutados.

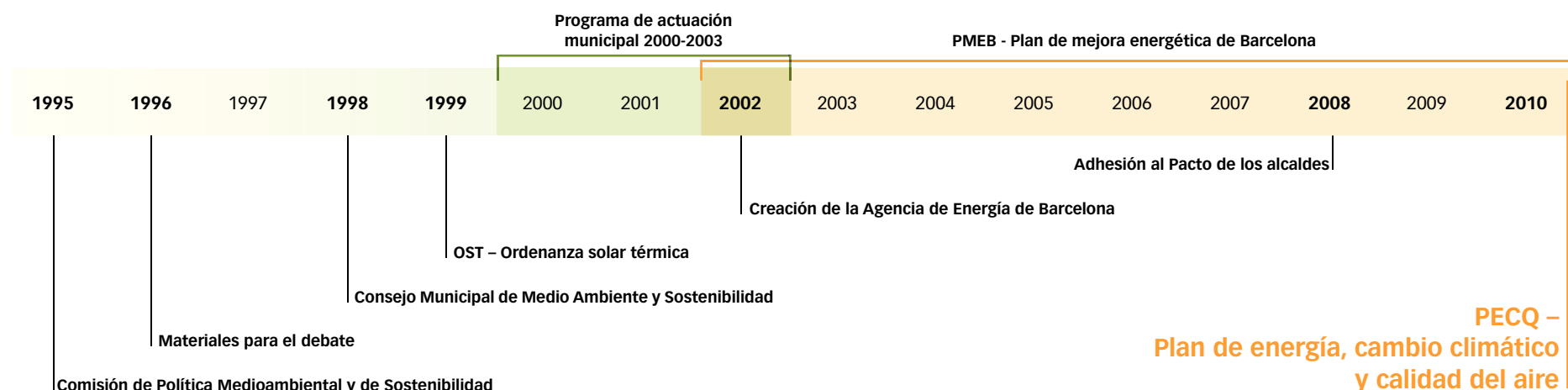


Barcelona se adhiere en 2008 al **Pacto de los alcaldes** de la Unión Europea (*Covenant of Mayors*), una iniciativa impulsada un año antes para contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Forma parte del paquete de medidas *Energía para un mundo que cambia*, con el que la Comisión Europea se compromete de manera unilateral a reducir las emisiones de CO₂ un 20% antes del 2020, incrementando en un 20% la eficiencia energética y consiguiendo que un 20% del suministro energético proceda de fuentes renovables.

El Pacto de los alcaldes quiere trasladar a la escala local este reto con el apoyo de la participación activa del conjunto de la ciudadanía, proponiendo la reducción de las emisiones asociadas en un 20% el 2020 con respecto a un determinado año de referencia. El Pacto nace tras un proceso no formal de consultas con muchas ciudades europeas y está abierto a cualquiera, sea cual sea su dimensión. Este documento quiere dar respuesta al compromiso adquirido.



FIGURA 6 | LOS ANTECEDENTES DEL PECQ



La ejecución del PMEB 2001-2010

Según el informe de seguimiento del PMEB, en 2010 el estado global de ejecución de los proyectos –calculado como la media del porcentaje de ejecución– llegó al 71%. Los proyectos finalizados fueron un 56% (33) y los proyectos en fase de ejecución un 32% (19). Un 12% (7) no se pudieron iniciar.

Con relación a los proyectos de tipo finalista¹ (27), se llegó a un estado de ejecución del 65%, mientras que los de tipo instrumental² (32) alcanzaron un grado de ejecución del 76%.

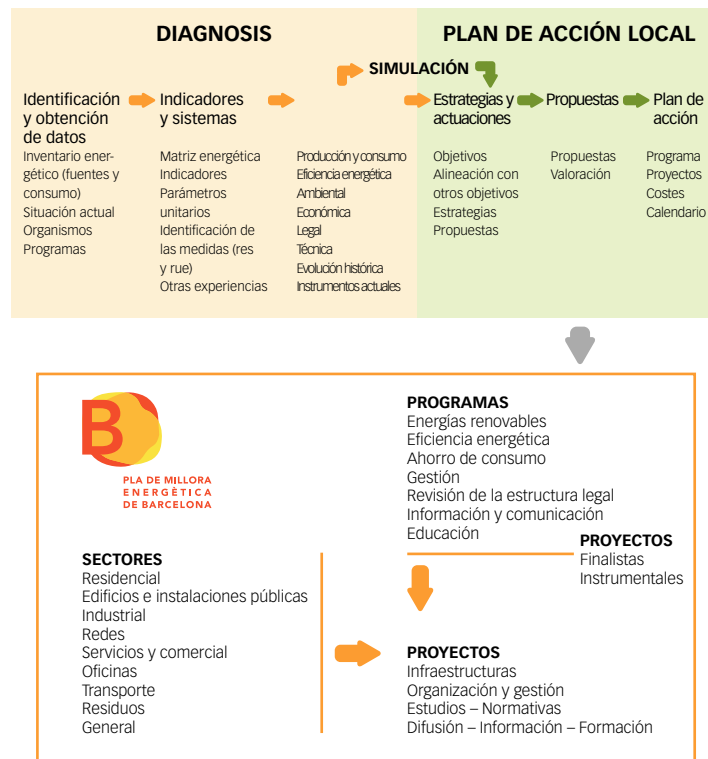
Por sectores, los que tuvieron un mayor grado de ejecución fueron, los siguientes: Otros, Redes de distribución y Transporte. Los que, en cambio, tuvieron un menor grado fueron: Residencial, Oficinas y Servicios y Comercial. En un nivel de ejecución medio quedaron: Edificios y equipamientos públicos, y General. Por programas, también de mayor a menor grado de ejecución: Educación, Información y comunicación, Energías renovables y Gestión. Los que tuvieron un menor grado fueron: Eficiencia energética y, muy por debajo, Ahorro de consumo. En un nivel medio quedó el de Revisión de normativas.

Se pueden extraer, de este modo, las conclusiones siguientes:

- El grado de desarrollo de los proyectos fue heterogéneo.
- La valoración de los progresos en determinados proyectos no puede ser sólo cuantitativa, en función del grado de ejecución porcentual, sino que también debe ser cualitativa.
- Debe valorarse de forma positiva la colaboración con los agentes socioeconómicos y del sector energético de la ciudad, aunque debe continuar potenciándose.
- Deben intensificarse los esfuerzos en el sector de equipamientos públicos, así como en aquellos proyectos instrumentales con actuaciones del tipo estudios o normativas.
- Debe mejorarse la recogida de información estadística para contar con una base de datos más completa que permita elaborar indicadores.
- Debería reflexionarse sobre las dificultades para impulsar proyectos en los que la cogeneración es la tecnología protagonista.
- En el futuro, sería conveniente impulsar proyectos relacionados con el ahorro, la eficiencia energética y la legislación en el sector residencial y los servicios.

1. Proyectos finalistas: directamente valorables en ahorro de energía o emisiones de gases contaminantes.

2. Proyectos instrumentales: instrumentos para el desarrollo de otros proyectos. Son difícilmente cuantificables de forma directa.

FIGURA 7 | FASES Y PROYECTOS DEL PMEB (2001-2010)

En términos de ahorro energético, inicialmente se estimaba que la ejecución de los proyectos contemplados en el PMEB comportaría una generación de energía anual de 148.731 MWh y un ahorro de energía anual de 779.876 MWh. Hasta el momento, se han generado aproximadamente unos 80.000 MWh, y se han ahorrado más de 428.000 MWh procedentes directamente de la aplicación de los proyectos.

El informe de seguimiento plantea las conclusiones siguientes:

- Es necesario diferenciar las acciones municipales (aquellas que dependen única y directamente del Ayuntamiento) de las de ciudad (todos aquellos aspectos generales que recaen tanto en la gestión del Ayuntamiento como en el comportamiento y las acciones ciudadanas).
- Es necesario priorizar la gestión de la demanda en el planteamiento general, así como en las líneas estratégicas, acciones y proyectos del nuevo plan de energía. El Ayuntamiento de Barcelona, como administración más próxima a la ciudadanía, debe incidir en la sensibilización de la población y en estimular el paso del conocimiento a la acción.
- El nuevo Plan tiene que ser menos analista y mucho más ejecutivo.
- Es fundamental trabajar con el máximo número posible de actores implicados; a nivel municipal, al tiempo que deben tenerse en cuenta otros planes y acciones que se estén promoviendo desde otras áreas y sectores del Ayuntamiento.
- La generación con energías renovables, el ahorro y la eficiencia energética tienen que continuar siendo los principales pilares del Plan y de la política energética municipal.

1.1.4 - LA METODOLOGÍA

El PECQ continúa la metodología aplicada en el desarrollo del primer Plan de mejora energética de Barcelona 2002-2010 [PMEB]. En este sentido, se parte de un conocimiento base y de un banco de datos que se ha ido actualizando a lo largo de los últimos años (publicado en el documento *El contador*).

Como ya sucedió en el proceso de conceptualización del PMEB, el PECQ ha contado con el apoyo técnico de diferentes grupos de trabajo sectoriales (detallados más adelante), cuya visión transversal ha enriquecido el trabajo. También se han llevado a cabo distintas reuniones con grupos de interés y entidades que han contribuido con sus opiniones, reflexiones y propuestas. El PECQ, sin embargo, amplía y mejora el trabajo diagnóstico realizado durante la elaboración del PMEB con nuevos aspectos y temas, además de actualizar determinados factores de emisión y de eficiencia energética. Entre estos cambios y mejoras destacan:

- El estudio de la calidad del aire de Barcelona mediante la modelización de la dispersión de contaminantes y la detección de su origen.
- La caracterización del parque de vehículos que circula por la ciudad y sus emisiones contaminantes.
- El análisis del comportamiento social con respecto al uso de la energía.
- El análisis económico asociado a la ejecución del Plan desde el punto de vista de las nuevas oportunidades empresariales, el incremento de los puestos de trabajo, etc.
- El estudio de los efectos económicos y ambientales del Puerto y del Aeropuerto sobre la ciudad.
- La actualización de los factores de emisión de diferentes contaminantes, siguiendo las metodologías que se aplican a nivel internacional.
- El análisis del comportamiento energético del sector industrial.
- El estudio en detalle del sector de edificios e instalaciones públicas.
- El estudio de la seguridad en el suministro energético.
- La elaboración de una memoria ambiental.

Paralelamente, en la elaboración del PECQ se han aplicado una serie de instrumentos que han facilitado el estudio en profundidad del comportamiento energético de los distintos sectores, y se han integrado asimismo los resultados de los análisis sectoriales en una única aplicación. Destacan las siguientes aplicaciones utilizadas:

- **SIG, Sistema de información geográfica.** Vincula grandes bases de datos con coordenadas territoriales, obteniendo como resultado bases georeferenciadas válidas para representar mapas o realizar análisis territoriales.
- **Modelo de dispersión de contaminantes.** Analiza la calidad del aire en base a un inventario de emisiones mediante la modelización de la dispersión de contaminantes y las reacciones químicas que se producen en el ámbito de estudio.
- **Modelo de análisis global de la ciudad.** Realiza un análisis global de la ciudad y de sus tipologías desde el punto de vista energético y de emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Aplicación para la clasificación de proyectos y la agrupación de escenarios.** Clasifica, ordena y agrupa los proyectos del Plan bajo distintos criterios para definir escenarios, tomar decisiones sobre la prioridad de cada uno, visualizar los impactos ambientales de las medidas, y modular temporalmente la aplicación de los proyectos.
- **Modelo de simulación térmica de edificios.** Consiste en un análisis dinámico de la demanda térmica y del consumo de edificios que permite la modelización del consumo energético basándose en determinadas tipologías constructivas de edificios definidas en el PMEB y que representan las presentes en Barcelona.
- **Modelo económico.** Realiza simulaciones sobre la prospectiva económica territorial de Barcelona.
- **Aplicación para la detección y análisis de los vehículos que circulan por la ciudad.** Caracteriza técnica y ambientalmente los vehículos mediante un sistema que permite registrar las matrículas y detectar las emisiones de los tubos de escape de los vehículos que circulan.

1.1.5 – EL PROCESO DE PARTICIPACIÓN

El planteamiento de las sesiones

Desde su conceptualización, el PECQ ha considerado como un tema fundamental la participación ciudadana y de los agentes y sectores relacionados con la cuestión energética. En este sentido, en 2008 se realizaron diferentes sesiones de trabajo para definir qué aspectos debían incluirse en el nuevo Plan.

FIGURA 8 | SESIONES DE PARTICIPACIÓN REALIZADAS



Para que la redacción final del PECQ incorporase también los puntos de vista, sugerencias, sensibilidades y propuestas de estos actores vinculados con la realidad ambiental y energética de la ciudad, en 2010 se llevó a cabo un proceso participativo consistente en varias sesiones de presentación de los resultados del Plan y recogida de aportaciones.

Las sesiones se plantearon en dos fases: una de ciudad, realizada durante el mes de junio, y una municipal, realizada en octubre. En el primer caso, se plantearon 8 grupos de trabajo sectoriales organizados en formatos de una o dos sesiones, según el tema tratado:

- G1 - Gestión de la demanda y comportamiento social con respecto al uso de la energía.
- G2 - Rehabilitación energética de edificios.
- G3 - Gestión de la calidad del suministro energético.
- G4 - Generación renovable y régimen especial.
- G5 - Transporte y energía.
- G6 - Cambio climático y calidad del aire.
- G7 - Análisis económico y jurídico.
- G8 - Sector industrial.
- Sesión final conjunta.

Las opiniones y comentarios aportados por los participantes se recogieron en dos documentos (Informe final de las sesiones de trabajo e Informe de comunicación), que sirvieron para acabar de definir la propuesta de proyectos del PECQ. La invitación de los participantes se hizo dependiendo del tema tratado, aunque todos tuvieron la oportunidad de asistir a todos los grupos. En total, asistieron 268 personas de forma presencial.

Con relación a la participación vía telemática, se organizaron seis foros web. En cada uno se presentaron las líneas estratégicas y los proyectos de acción, y también las propuestas aportadas por los participantes en las sesiones presenciales. Las características del foro permitían que, en tiempo real, cualquier visitante pudiera ver consultar los comentarios y opiniones del resto. Paralelamente a dichas sesiones, se llevó a cabo una dedicada de forma exclusiva al ámbito municipal. El número total de personas invitadas fue de 86.

FIGURA 9 | NÚMERO DE PARTICIPANTES EN LOS GRUPOS DE TRABAJO DE LA CIUDAD

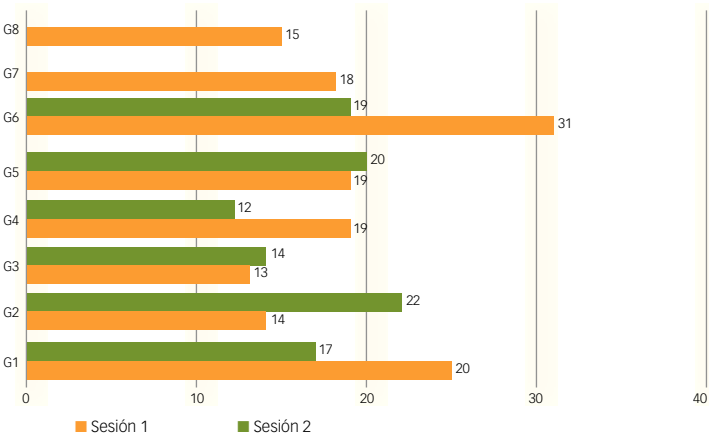
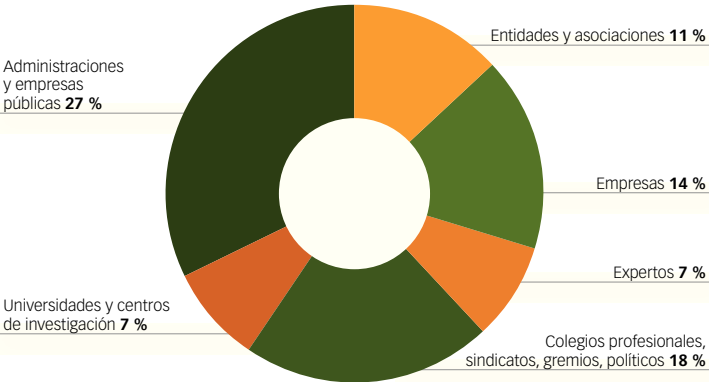


FIGURA 10 | SECTORES A LOS QUE PERTENECEN



INVITADOS A LA SESIÓN DEL ÁMBITO MUNICIPAL

Distritos

Empresas públicas:

- Agència del Carmel
- BAGURSA
- Barcelona Regional
- Barcelona Infraestructures Municipals
- Barcelona Serveis Municipals
- Consorci d'Educació de Barcelona CEB-IMEB
- Foment de Ciutat Vella
- Institut Barcelona Esports
- Institut de Cultura de Barcelona
- Institut Municipal de Mercats
- Pro-EIXAMPLE
- SPM Pro-Nou Barris sa PRONOVA

Departamentos y sectores municipales:

- Dirección de Acción Social y Ciudadanía
- Dirección de Servicios de Energía y Calidad Ambiental – Área de Medio Ambiente
- Dirección de Servicios de Inversión y Espacios Viales – Área de Medio Ambiente
- Dirección de Servicios del Ciclo del Agua – Área de Medio Ambiente
- Dirección de Servicios de Gestión del Conocimiento – Área de Medio Ambiente
- Dirección de Servicios de Educación Ambiental – Área de Medio Ambiente
- Dirección de Servicios de Gestión de Residuos y Limpieza – Área de Medio Ambiente
- Dirección de Prevención, Seguridad y Movilidad
- Dirección de Servicios Generales y Coordinación Territorial. Área RRHH y Organización. Área de Educación, Cultura y Bienestar
- Servicios de Prevención y Extinción de Incendios y Seguridad
- Red de Gestores Energéticos del Plan de ahorro y mejora de la eficiencia de los servicios municipales.

Las conclusiones del proceso

Las principales conclusiones de la sesión final del proceso (ámbito de ciudad) fueron las siguientes:

1. Conseguir que la contaminación local tenga la etiqueta de problema de salud pública.

Es bien conocida la correlación entre contaminación del aire y salud. Debe hacerse un esfuerzo para conocer la realidad local y saber adaptar el comportamiento social a dicha realidad.

2. Poner de manifiesto los beneficios ambientales vinculados a ciertos ahorros energéticos e instalaciones de energías renovables.

Además de sus beneficios ambientales, las instalaciones renovables conllevan también un beneficio económico y social en forma de ahorro, creación de puestos de trabajo, distribución de la generación energética, minimización de las tendencias monopolísticas, etc.

3. Compartir con la ciudadanía los compromisos de reducción (responsabilidad compartida).

Sin la implicación y el compromiso del ciudadano –más allá del político–, es inviable alcanzar los objetivos de la sostenibilidad. No se trata, naturalmente, de responsabilizarlo de los problemas socioambientales, sino de poner de manifiesto su cuota de responsabilidad, como también la de otros sectores históricamente poco comprometidos.

4. Comunicar periódicamente los datos energéticos y los indicadores ambientales para tomar conciencia de la dimensión del problema (derecho a la información).

En general, no se tienen referentes y datos suficientes sobre consumo energético urbano, más allá de los relacionados con los vehículos a motor. La normalización de la información energética contribuiría a valorar la energía por parte de los ciudadanos como un factor más de decisión, como ya sucede en el caso de los vehículos (información compleja, l/100km) o de los electrodomésticos de línea blanca (información simple, clasificación por letra). Esta formación energética ganará importancia a medida que el precio de la energía aumente.

5. Reforzar ciertos discursos relacionados con la eficiencia energética y las energías renovables mediante instrumentos de comunicación *mainstream*.

Utilizar los grandes flujos mediáticos para diseminar entre la sociedad los discursos relacionados con la eficiencia energética y las energías renovables.

6. Poner el acento en explicar los ahorros económicos y la necesidad de realizar un buen mantenimiento de las instalaciones solares (ejercicio de responsabilidad).

La falta de información conlleva el mal funcionamiento de las instalaciones solares térmicas. La experiencia demuestra que con la información adecuada el usuario se apropia del sistema, descubre los beneficios asociados y realiza un mantenimiento adecuado.

7. Dar ejemplo con instalaciones públicas y del sector terciario

El sector terciario tiene el poder de ser un ejemplo de cara a la población. Por este motivo, debe exigirse a dicho sector el mismo tipo de sensibilidad que se le pide al ciudadano. La Administración pública, por su parte, tiene que ser la primera en estimular este tipo de comportamiento.

8. Habilitar una ventanilla única para licencias y permisos.

Tanto en el caso de las obras como en el de las instalaciones de energías renovables, la agilidad administrativa mediante un interlocutor único permitiría reducir los costes vinculados a este tipo de intervenciones, y que habitualmente suelen poner freno a dichas actuaciones. En el caso de la rehabilitación, realizar los trámites con agilidad evitaría acudir a personal no cualificado y beneficiar a los profesionales bien formados en la materia, creando así un espacio de comunicación con el cliente con soluciones más eficientes.

9. Incentivar las buenas prácticas en positivo en lugar de aplicar penalizaciones.

Las políticas de penalización pueden animar al ciudadano/propietario a optar por las mejores soluciones disponibles. Debería darse prioridad a las rebajas fiscales en lugar de a las subvenciones directas.

FIGURA 11 | GRADO DE VALORACIÓN DEL PROCESO PARTICIPATIVO



▲ Si el color verde se interpreta como una buena valoración y el amarillo como una buena valoración con matices, en general se observa que los participantes valoran positivamente los 12 ítems de las sesiones. El más mal valorado es el que se refiere al interés suscitado por los objetivos de la sesión, con un 70% de aceptación (entre verde y amarillo).

Con relación a la sesión municipal, los aspectos más relevantes que surgieron fueron los siguientes.

- Todos los sectores son conscientes de los problemas asociados a la cuestión energética actual, pero señalan una falta de información tanto tecnológica como formativa que les impide explotar la buena predisposición que tienen.
- En general, la falta de referentes en términos energéticos genera una dispersión de datos y complica su recogida y posterior tratamiento.
- En el momento de diseñar nuevos edificios, debe tenerse en cuenta su uso para no sobre/infradimensionar los sistemas.
- Deberían realizarse también auditorías y control de consumos energéticos, sobre todo en el caso de los edificios.
- En el caso de las flotas, existe una gran confusión en lo que se refiere a los beneficios/perjuicios ambientales de las diferentes plantas motrices. Los responsables de la adquisición de nuevos vehículos no disponen de toda la información necesaria para añadir criterios ambientales a la compra.

En general, todos los participantes subrayaron la importancia de conseguir que el PECQ no sea sólo un plan del Área de Medio Ambiente, sino del conjunto del Ayuntamiento y de toda la ciudad.

1.2 - EL CONTEXTO

1.2.1 – ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Les ciudades y el cambio climático³

Las ciudades representan parte del problema del cambio climático, ya que concentran un gran volumen de las emisiones y del consumo energético mundial. Por ello, son también una parte fundamental de la solución.

Los impactos del cambio climático incidirán de forma significativa en las ciudades. Por este motivo, las infraestructuras están en riesgo, ya que se pueden ver afectadas por el ascenso del nivel del mar, las fluctuaciones en el abastecimiento de agua de boca o los temporales marítimos, mientras que la población se puede ver afectada por impactos como la combinación del aumento de la temperatura global y el efecto isla de calor, por el empeoramiento de la calidad del aire o por las olas de calor. En este contexto, las ciudades, como las regiones y los estados, deben actuar fundamentalmente en dos frentes: la mitigación y la adaptación.

Las actuaciones que pueden impulsar las administraciones municipales son fundamentales para gestionar adecuadamente el cambio climático a escala local y, al mismo tiempo, reducir su contribución al impacto global (las concentraciones urbanas en el mundo acogen más del 60% de habitantes del planeta; en Europa, este porcentaje es ya del 74% de la población, y las ciudades consumen tres cuartas partes de la energía).

La importancia del tema se refleja en las numerosas iniciativas que se están impulsando a escala internacional, como el Pacto de los alcaldes de la Unión Europea por la energía, cuyo compromiso es reducir las emisiones

un 20% para 2020, o las que está llevando a cabo el International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI) organización constituida por numerosas ciudades y regiones de todo el mundo cuyo objetivo es actuar a escala local en favor de la sostenibilidad, y que tiene un papel relevante en el ámbito de la gestión energética y del cambio climático.

La densidad urbana es uno de los factores clave que influyen en el consumo de energía, especialmente en el caso de los sectores transporte y doméstico. En este punto la región metropolitana de Barcelona ha experimentado durante la segunda mitad del siglo XX –y, sobre todo, durante los últimos veinte años–, importantes transformaciones urbanas y socioeconómicas que han llevado a un incremento de la ocupación del suelo y a un proceso de dispersión urbanística (ciudad difusa). Estos dos factores afectan de forma distinta el comportamiento de la ciudad frente al cambio climático, si bien las ciudades en general –y Barcelona, en particular–, por sus dimensiones y repercusión territorial, son agentes fundamentales a considerar en la gestión del cambio climático.

Les ciudades representan parte del problema del cambio climático, ya que concentran un gran volumen de las emisiones y del consumo energético mundial. Por ello, son también una parte fundamental de la solución.

3. Josep Enric Llebot. Catedrático de Física de la Materia Condensada del Departamento de Física de la Universidad Autònoma de Barcelona, y coordinador de los informes del cambio climático en Cataluña.

LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

El **dióxido de carbono** (CO₂) es el gas con un mayor efecto invernadero debido a su elevada concentración, ya que contribuye al cambio climático en un 55%. Se genera cuando la combustión de los hidrocarburos o la oxidación del CO o de los COV son incompletas. La vegetación actúa de sumidero de CO₂ gracias al proceso de fotosíntesis.

El **metano** (CH₄) tiene un potencial de calentamiento unes 25 veces superior al del CO₂, pero es más fácil reducir sus emisiones ya que su tiempo de residencia en la atmósfera es inferior (12 años). Tiene también la ventaja de poder ser utilizado como fuente de energía alternativa, sobre todo en los vertederos donde se produce la descomposición de los residuos orgánicos. La contribución del sector del transporte a las emisiones de metano es, sin embargo, poco significativa.

El **óxido nitroso** (N₂O) es el tercero de los principales gases de efecto invernadero. Su concentración en la atmósfera es baja, pero tiene un potencial de calentamiento global unas 298 veces superior al del CO₂.

Los **hidrofluorocarburos** (HCFC), **perfluorocarburos** (PFC) y el **hexafluoruro de azufre** (SF₆) también contribuyen al efecto invernadero, aunque su aportación es mucho menos significativa.

La evolución de la temperatura y la precipitación en Barcelona

El calentamiento de la atmósfera por el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero es un hecho demostrado. En todo el planeta, su concentración –principalmente, de CO₂- se está incrementando debido en gran parte a las actividades humanas; en especial, por el uso a gran escala de los combustibles fósiles.

La medición de los efectos ambientales de este aumento a nivel local puede realizarse desde perspectivas distintas, pero la más habitual es el seguimiento de la evolución de la temperatura y la precipitación. En el ámbito biogeográfico mediterráneo y, por consiguiente, en el área metropolitana de Barcelona, es importante realizar también el seguimiento de los fenómenos externos, como se describe a continuación.

Los resultados de las series de datos del Observatorio Fabra de Barcelona demuestran que la temperatura media anual se ha incrementado de manera significativa desde 1950 hasta la actualidad. El mismo análisis, pero aplicado a la media anual de las temperaturas máxima y mínima, indica que en este período la tendencia al aumento ha sido más evidente en la temperatura máxima que en la mínima. El análisis estacional indica, asimismo, que la estación que ha experimentado un calentamiento más marcado es el verano, mientras que el otoño es la época que no muestra una tendencia estadísticamente significativa.

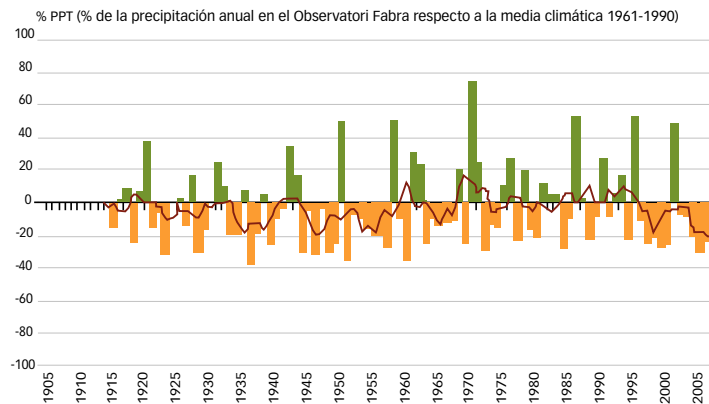
TAULA 1 | EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN EL OBSERVATORIO FABRA DE BARCELONA, EXPRESADA COMO INCREMENTO POR DÉCADA

TEMPERATURA	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA
Incremento °C	0,21	0,24	0,22

Fuente: Información extraída de Martín-Vide 2010

Las tendencias de la precipitación en Cataluña -y, en particular, en Barcelona-, no muestran un patrón temporal tan definido como el del establecido para las temperaturas, dada la elevada variabilidad temporal. Por este motivo, el análisis de la evolución de la pluviometría anual y estacional en el Observatorio Fabra no presenta una tendencia clara en el último siglo. En este sentido, los incrementos o los déficits pluviométricos detectados no son estadísticamente relevantes, por lo que no se puede definir una tendencia concluyente. Sin embargo, se han medido comportamientos comunes con otros observatorios que parecen indicar una evolución concreta a medio plazo: un ligero aumento de la precipitación invernal y de otoño, y una disminución de la precipitación estival.

FIGURA 12 | EVOLUCIÓN DE LA ANOMALÍA DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL EN BARCELONA (OBSERVATORIO FABRA, 1914-2008)



▲ Las barras de color azul indican porcentajes positivos –es decir, lluviosos–, mientras que las barras naranjas indican años secos. La curva negra continua expresa la media móvil de cinco años de período (extraído de Martín-Vide 2010 y del Servicio meteorológico de Cataluña. Boletín anual de indicadores climáticos (2008).

Proyecciones climáticas de la temperatura y la precipitación

• ESCALA CONTINENTAL: LA REGIÓN MEDITERRÁNEA

En el segundo informe sobre el cambio climático en Cataluña (Calbó et al. 2010) se recoge información sobre las proyecciones climáticas para la región denominada Europa y Mediterráneo. Esta área corresponde a la zona definida entre los paralelos 30°N y 75°N y los meridianos 10°W y 40°E, y es representativa de lo que puede suceder en Cataluña.

Las simulaciones dependen de cómo evolucionen las emisiones futuras, por lo que se han diseñado a nivel internacional un conjunto de escenarios para recoger todas las eventualidades sobre cambios demográficos, económicos y tecnológicos. Los resultados que se incluyen a continuación corresponden a uno de los escenarios de emisiones intermedios y los resultados se presentan para finales de siglo (2080-2099).

• TEMPERATURA

Según el cuarto informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático de la ONU (IPCC), para la región donde se encuentra situada Barcelona se espera un aumento de la temperatura media de 3,5°C para finales de siglo [3,0-4,0: valores de los percentiles 25 y 75].

El aumento sería más marcado en verano (4,1°C [3,7-5,0]) que en invierno (2,6°C [2,5-3,3]). El análisis indica que los últimos años de final de siglo, y la mayoría de las estaciones, serían considerados como “muy cálidos”, tomando como referencia el clima actual.

TAULA 2 | RESUMEN DE LAS PROYECCIONES DE 21 MODELOS PARA LA REGIÓN MEDITERRÁNEA, ESCENARIO A1B DEL CUARTO INFORME DEL IPCC. DIFERENCIAS DE TEMPERATURA (°C) ENTRE EL PERÍODO 2080-2099 Y EL PERÍODO 1980-1999

MESES	MÍN.	PERCENTIL 50	MÁX.
diciembre/enero/febrero	1,7	2,6	4,6
marzo/abril/mayo	2,0	3,2	4,5
junio/julio/agosto	2,7	4,1	6,5
septiembre/octubre/noviembre	2,3	3,3	5,2
Anual	2,2	3,5	5,1

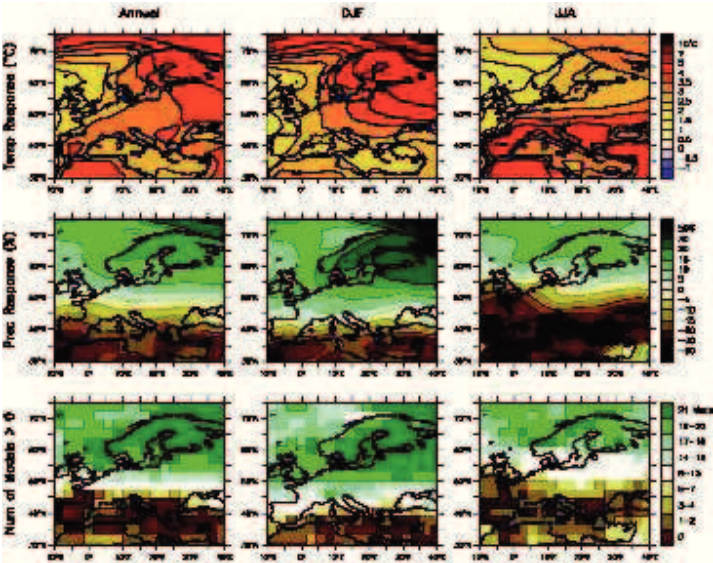
Fuente: extraído de Calbó et al. (2010)

Para explicar la variabilidad espacial de estos cambios de temperatura y precipitación, se han elaborado mapas de la región Europa/Mediterráneo (ver figura 13) con los resultados de los modelos globales planteados en el informe del IPCC. Se dan también para finales de este siglo (2080-2099) comparados con los de finales del siglo pasado (1980-1999), y se calculan como la media de las variaciones dadas para todos los modelos elaborados. Se dan, asimismo, para el período anual y también para los meses de verano (julio, julio y agosto) e invierno (diciembre, enero y febrero).

Del análisis de estos mapas se concluye lo siguiente:

- Con respecto a la temperatura, se observa que para la Península Ibérica la temperatura media anual podría aumentar entre 2,5°C y poco más de 3,5°C. Se trata de una estimación equivalente a la realizada para el conjunto del planeta e inferior a la del resto de Europa.
- Toda Cataluña se encuentra dentro de la línea que delimita un aumento entre 2,5°C y 3°C.
- Estacionalmente, se observan claras diferencias. En invierno, el patrón se parece al del año entero, con aumentos en la Península Ibérica (y el Mediterráneo en general) inferiores (2,5°C) a los de Europa norte oriental. En cambio, en verano los incrementos de temperatura en la zona mediterránea son claramente superiores a los del resto del continente, alcanzándose valores superiores a los 4°C en gran parte de la Península Ibérica.

FIGURA 13 | CAMBIOS DE LA TEMPERATURA (ARRIBA) Y DE LA PRECIPITACIÓN (CENTRO), EN EUROPA (SIMULACIONES DE 21 MODELOS GLOBALES, PARA EL ESCENARIO A1B)



▲ Diferencias entre 2080-2099 y 1980-1999. De izquierda a derecha, para la media anual, de invierno y de verano. Debajo, evaluación de la incertidumbre en la proyección de los cambios de precipitación, indicando el número de modelos en los que se detecta un aumento de ésta (Calbó et al., 2010).

• PRECIPITACIÓN

El Mediterráneo es una de las pocas regiones del mundo donde las estimaciones del descenso de la precipitación son unánimes entre la mayoría de modelos globales y a lo largo de todas las estaciones del año. De las proyecciones de futuro elaboradas hasta el momento se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- En la región mediterránea se espera una reducción de la precipitación media anual del 12%.
- Esta disminución será más marcada en verano (24%) que en invierno (6%).
- A finales de siglo XXI, casi la mitad de los años serán considerados como “muy secos”, si se toma como referencia el clima actual.
- En muy pocas ocasiones se darán situaciones que actualmente corresponderían a valores de elevada pluviometría.
- Hacia el año 2040 la precipitación podría reducirse entre un 4% y un 8%.
- Si se observan los mapas presentados en la figura 12, destaca el marcado gradiente latitudinal en la zona analizada. En el conjunto de Cataluña –y, por lo tanto, en Barcelona– se prevén reducciones de la precipitación entre un 10% y un 15%, en base anual.
- En verano, el descenso de la precipitación en la Península Ibérica será todavía más notable (superior al 30%, llegando incluso al 50%).
- En invierno, gran parte de la Península se encontrará en una zona de poco cambio (entre 0% y -5%).
- La solidez de las proyecciones de la precipitación no es, sin embargo, homogénea. La mayoría de los modelos coinciden en señalar reducciones de la precipitación en el sur de Europa, incluyendo la Península Ibérica. En invierno, en cambio, el número de modelos que indican una disminución de la precipitación es prácticamente el mismo que los que señalan lo contrario, por lo que se puede afirmar que para esta estación el resultado es incierto.

TAULA 3 | CAMBIOS EN LA PRECIPITACIÓN: ESCENARIO A1B PARA LA REGIÓN MEDITERRÁNEA, DIFERENCIAS EN LA PRECIPITACIÓN (EN %) ENTRE EL PERÍODO 2080-2099 Y EL PERÍODO 1980-1999

MESES	MÍN.	PERCENTIL 50	MÁX.	ESTACIONES HÚMEDAS (%)	ESTACIONES SECAS (%)
diciembre/enero/febrero	-16	-6	6	3	12
marzo/abril/mayo	-24	-16	-2	1	31
junio/julio/agosto	-53	-24	-3	1	42
septiembre/octubre/noviembre	-29	-12	-2	1	21
Anual	-27	-12	-4	0	46

Resumen de las proyecciones de 21 modelos (Calbó et al., 2010).

• OTRAS MAGNITUDES DE INTERÉS DEL SISTEMA BIOFÍSICO

Indicadores de la tendencia de extremos climáticos

Los efectos del cambio climático a escala regional no sólo se pueden abordar mediante el análisis de la posible tendencia experimentada por la temperatura o la precipitación media, sino también mediante la detección de cambios en la frecuencia e intensidad de distintos extremos climáticos.

- Los indicadores muestran que en Barcelona se produce una disminución en la frecuencia y duración de los períodos fríos, un aumento de la frecuencia, intensidad y duración de los períodos cálidos, y un aumento en la intensidad de la precipitación.
- Hay una tendencia positiva significativa en el número de días con lluvia por debajo de los 10 mm entre los años 1854 y 2005.
- No se detecta aumento alguno del número de días con fuertes lluvias.

TAULA 4 | TENDENCIAS DE LOS ÍNDICES CLIMÁTICOS APLICADOS A LOS DATOS DIARIOS RECOGIDOS EN EL OBSERVATORIO FABRA DE BARCELONA (1914-2008).

ÍNDICE	OBSERVATORIO FABRA
Días de helada	Disminución
Días de verano	Aumento
Noches tropicales	Aumento
Duración de la estación de crecimiento	Aumento
Máxima anual de la temperatura máxima	Aumento
Máxima anual de la temperatura mínima	Aumento
Mínima anual de la temperatura máxima	Aumento
Mínima anual de la temperatura mínima	Aumento
Noches frías	Disminución
Días fríos	Disminución
Días fríos	Disminución
Noches cálidas	Aumento
Días cálidos	Aumento
Duración de la racha cálida	Aumento
Duración de la racha fría	Disminución
Amplitud térmica anual	Aumento
Índice simple de intensidad de la precipitación	Aumento
Número de días con precipitación>20 mm	---

Sólo se muestran los índices estadísticamente significativos.
Servicio meteorológico de Cataluña. Boletín anual de indicadores climáticos 2008

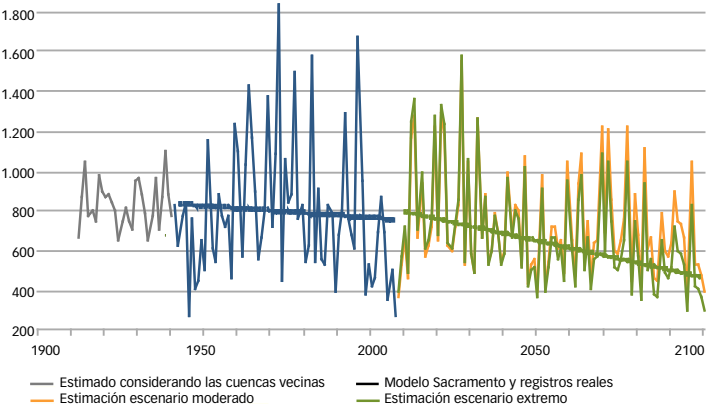
Sequías y evolución de los recursos hídricos

Al margen de las proyecciones sobre temperatura y precipitaciones, una cuestión fundamental para el área metropolitana de Barcelona es el suministro de agua. Éste depende de forma sustancial de la pluviometría, pero también de otros factores relacionados con el aumento previsible de la evapotranspiración o el aumento de la superficie de bosque en las cabeceras de los ríos.

Con relación al suministro de agua, un estudio reciente muestra una evolución probable de las aportaciones anuales en el conjunto de los embalses de los ríos Ter y Llobregat que satisfacen la demanda de la región metropolitana de Barcelona, a lo largo del siglo XXI y comparadas con las que se han observado durante el siglo XX.

Se observa una probable tendencia a la baja, especialmente en la segunda mitad del siglo XX. Obviamente, esta conclusión no lleva a pensar que cada año la aportación de los ríos será inferior, si no que hacia mediados de siglo XX las aportaciones medias tenderán a situarse por debajo de las de finales de siglo XX, con una tendencia nada despreciable.

FIGURA 14 | EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS APORTACIONES ANUALES CONJUNTAS EN LOS EMBALSES DE LOS RÍOS TER Y LLOBREGAT, Y POSIBLE EVOLUCIÓN FUTURA A LO LARGO DEL SIGLO XXI



Fuente: Manzano 2009

Fuertes lluvias e inundaciones

En términos generales, el mayor riesgo de aguaceros e inundaciones en Cataluña se sitúa en la costa, por lo que el área metropolitana de Barcelona también se ve afectada. De los índices climáticos calculados por el Servicio meteorológico de Cataluña y referidos al Observatorio Fabra, la evolución del valor máximo anual de la precipitación diaria presenta una tendencia positiva pero estadísticamente no significativa; la máxima anual de la precipitación registrada en 5 días consecutivos experimenta también una tendencia positiva aunque no significativa, como tampoco lo es la tendencia positiva del número de días en los que la lluvia supera los 50 mm o la precipitación es muy abundante, ni tampoco la tendencia de la lluvia total acumulada en los días en los que la lluvia diaria supera el percentil 95 (días muy lluviosos) y el percentil 99 (días extremadamente lluviosos).

La precipitación total anual dividida por el número de días con lluvia superior a 1 mm (Índice Simple de Intensidad Diaria), es el único índice relacionado con lluvias fuertes que presenta una tendencia positiva estadísticamente significativa. No obstante, el resto de índices vinculados con las precipitaciones extremas no presenta por el momento tendencia alguna.

En definitiva, no se puede concluir que se produzca un aumento de precipitaciones intensas y, por consiguiente, tampoco se puede afirmar que exista un riesgo de un aumento potencial de las inundaciones catastróficas, ya que estos episodios son los están directamente relacionados con las variaciones climáticas.

Temporales de viento

Tradicionalmente, los temporales de viento son los fenómenos meteorológicos que más informes generan por parte de los servicios de meteorología, debido a su repercusión en los daños y las coberturas de las compañías de seguros. En Barcelona, son especialmente relevantes por su relación con los temporales marítimos, la afectación de la costa (playas, colectores, etc.). En los últimos años, también se ha prestado más atención a los tornados, fenómeno bien conocido y habitual en este territorio, como se pone de manifiesto en las distintas de nominaciones que éste

tiene: *bufaruts, mànegues, esclafits, tornados, fiblons y cap de fibló*. No se han hecho predicciones sobre la evolución futura de estos fenómenos atmosféricos, aunque una estimación cualitativa puede llevar a pensar que el aumento de la temperatura del aire y del agua del mar puede provocar una mayor frecuencia de tornados y temporales de viento.

Con respecto a los temporales marítimos, en la zona de Barcelona las olas más energéticas proceden del oeste y corresponden a un recorrido del viento que impulsa las olas más amplias. Para toda la costa catalana, se ha observado una tendencia a una ligera disminución del número de tormentas severas y a un ligero aumento del número de tormentas moderadas. La duración media de las tormentas moderadas se mantiene constante, mientras que la de las tormentas severas tiende a aumentar. Estas tendencias no son estadísticamente significativas, como tampoco ha variado de forma significativa durante los últimos dieciséis años el nivel del mar en las costas de Barcelona (Sánchez-Arcilla 2010).

En todo caso, a medio plazo no se esperan en Barcelona impactos físicos importantes relacionados con los temporales de viento.

Olas de calor y altas temperaturas

Se trata de un riesgo de origen exclusivamente meteorológico que ha ido adquiriendo importancia por su relación con el cambio climático. Se define como ola de calor un fenómeno que se produce durante un período de tres o más días y noches consecutivas durante el cual las temperaturas máximas y mínimas superan el percentil del 90%-95% de los valores propios del período comprendido entre junio y septiembre. A pesar de parece más probable que este tipo de sucesos se produzcan en zonas de interior –sobre todo teniendo en cuenta que se asocian también a episodios de baja humedad-, en el área metropolitana de Barcelona y en las poblaciones litorales en general no deben despreciarse los efectos de estos fenómenos meteorológicos sobre la salud –en especial, en el caso de la población de riesgo-, cuando se suma además el factor humedad.

Se puede realizar un análisis de la evolución de las temperaturas máximas a partir de los índices asociados con éstas y calculados para la serie del Observatorio Fabra de Barcelona (desde 1913). La evolución de los índices

climáticos relativos al número de días de verano (temperatura máxima superior a 25°C), al número de noches tropicales (temperatura mínima superior a 20°C), a los valores máximos de las temperaturas máximas y mínimas diarias, al porcentaje de días en los que las máximas o mínimas se sitúan por encima del percentil 90, al número de días en un año en los que, como mínimo, hay seis días consecutivos con máxima por encima del percentil, y a la amplitud térmica anual, indican un aumento estadísticamente significativo de las olas de calor.

Existe una coincidencia evidente en todos los escenarios y modelos a la hora de prever un futuro con episodios de temperaturas altas y olas de calor. El efecto *isla de calor* incide también en un aumento de este riesgo, uno de los más importantes en lo que se refiere a los impactos del cambio climático relacionados directamente con la incidencia sobre la salud de los ciudadanos.

Calidad de vida y cambio climático

Las ciudades consumen la mayor parte de la energía mundial y son, por tanto, la fuente principal de las emisiones de gases de efecto invernadero. En este sentido, las actuaciones que se pueden impulsar desde el ámbito local para hacer frente al cambio climático son las siguientes:

- La ciudad, como consumidora de energía en los edificios públicos y las instalaciones que gestiona, puede adoptar objetivos y compromisos de eficiencia.
- La ciudad, como proveedora de servicios, influye sobre el desarrollo de infraestructuras, y debe proporcionar servicios eficientes, también desde la perspectiva del cambio climático (transporte, agua, etc.)
- La ciudad regula actividades a las que pone precio, lo que incide de forma significativa en la reducción del impacto de las actividades en las emisiones de gases de efecto invernadero y en la adaptación a los cambios.
- La ciudad actúa como ente coordinador en algunos ámbitos económicos donde no es el único actor, por lo que puede contribuir a establecer mecanismos de colaboración con otros sectores.

La contribución concreta de Barcelona al cambio climático está relacionada con los ámbitos siguientes.

- **Emisiones directas de gases con efecto invernadero.** Incluyen el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y los halocarburos. Los sectores que más contribuyen a estas emisiones son el tráfico, la generación y la conversión de energía, el tratamiento de residuos y de las aguas residuales y los sistemas de refrigeración, entre otros.
- **Emisiones de gases con efecto invernadero derivadas.** Son las relacionadas con la actividad de la ciudad y sus habitantes; por ejemplo, las asociadas a la generación de energía lejos de los puntos de consumo, o a la producción de productos como cemento, acero, vidrio, etc., que se utilizan en las infraestructuras civiles de la ciudad.
- **Cambios en la química atmosférica local y en el albedo superficial de la ciudad.** Un ejemplo de este proceso es la generación de ozono vinculada al alumbrado y a los óxidos de nitrógenos producidos por el tráfico, compuestos que inciden directamente en la salud pública. Las cubiertas de los edificios y de los distintos elementos urbanos, así como el diseño de la estructura urbana, afectan también el albedo

A pesar de que los impactos que produce la ciudad sobre el clima terrestre son diversos y complejos, las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del consumo energético son mayoritarias. En Barcelona, como en muchas otras ciudades, las emisiones proceden fundamentalmente del consumo de energía asociado al alumbrado, a la climatización de los edificios públicos y privados y, sobre todo, al transporte. Las ciudades son, por tanto, una pieza imprescindible en lo que se refiere al impulso de políticas energéticas más sostenible y la reducción de las emisiones globales y locales asociadas.

Los acuerdos internacionales

La primera iniciativa a escala mundial para analizar la influencia de la actividad humana sobre el clima tuvo lugar en Estocolmo en 1972, durante la Conferencia Mundial del Medio Ambiente Humano. No fue, sin embargo, hasta 1997 que se firmó el Protocolo de Kioto, el acuerdo internacional para avanzar en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, y que se enmarcaba en la estrategia de las Naciones Unidas por el Cambio climático (CMNUCC) suscrita en 1992 en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro.

El Compromiso del Protocolo tiene como objetivo reducir las emisiones un 5% con respecto a las emisiones base de 1990 (un 8% de reducción para el conjunto de la Unión Europea), objetivo que se debe alcanzar en el período 2008-2012, ya que la vigencia del Protocolo de Kioto finaliza este último año. Dado que la realidad de cada país es distinta, el compromiso concreto de España en este período es no incrementar sus emisiones en más de un 15% con respecto a 1990.

En 2005 se puso en marcha el mercado de derechos de emisión europeo (aprobado por la Directiva 2003/87/CE), en el que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Unión Europea para cumplir las obligaciones derivadas del Convenio marco de Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC) y del Protocolo de Kioto en el contexto europeo. En este sentido, el mercado permite que en los inventarios de emisiones se puedan diferenciar aquellas que proceden de los sectores sometidos a la Directiva de las del resto de sectores, denominados difusos (transporte y doméstico).

La Directiva hace la siguiente distinción:

- Los sectores industriales sometidos a la Directiva: combustión, generación eléctrica, acero, cerámica, cal, cemento, papel, refinería de petróleo y vidrio.
- El resto de fuentes emisoras se agrupan de esta forma (sectores difusos): plantas de combustión de potencia inferior a 20 MW, extracción y distribución de combustibles, uso de disolventes, transporte, residuos, agricultura y otras fuentes.

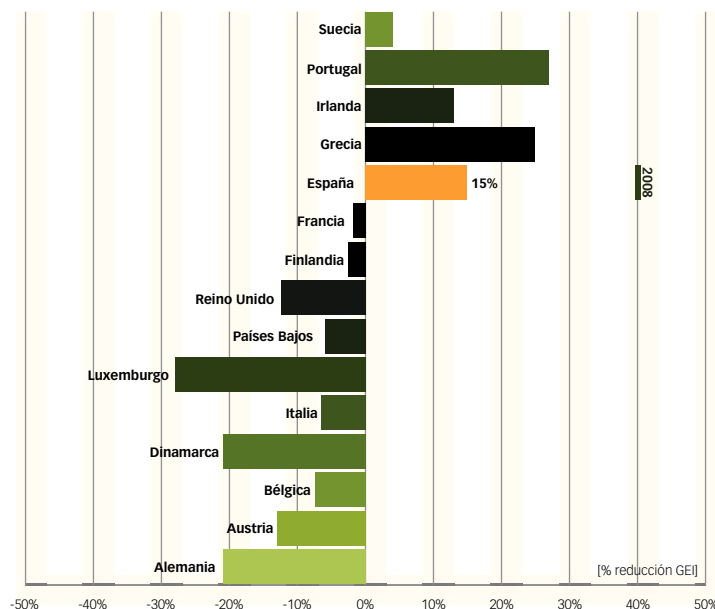
También en 2005, los miembros de la CMNUCC se reunieron en Montreal (Canadá) para establecer un grupo de trabajo y seguimiento orientado a definir los acuerdos futuros más allá del año 2012.

En diciembre de 2007, y en el marco de la 13ª Cumbre de la Tierra celebrada en Bali (Indonesia), los países participantes reorientaron la estrategia para hacer frente al cambio climático mediante un nuevo acuerdo a largo plazo. Durante las reuniones de trabajo -celebradas en Poznań en diciembre de 2008 y en Barcelona en noviembre de 2009 (*BCN Climate Change Talks*)- se aprobó un plan de trabajo para culminar y consensuar un acuerdo marco con nuevos grandes retos que permitieran avanzar hacia la mitigación del cambio climático.

Este proceso tenía que culminar en la Cumbre de Copenhague (la 15ª Conferencia sobre el Cambio climático - COP15), pero a pesar de los esfuerzos realizados no se llegó a ningún acuerdo de consenso. No obstante, se planteó la necesidad de crear mecanismos transparentes sobre el inventario de las emisiones, y de avanzar en los compromisos de reducción de los distintos países.

Queda pendiente, pues, la firma de un acuerdo mundial que defina unos nuevos objetivos globales para el período post-Kioto (2012-2020). España es, actualmente, uno de los países que está más alejado de cumplir el Protocolo, ya que sus emisiones en 2008 superaban en un 40% las de 1990.

FIGURA 15 | COMPROMISO DE REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LOS PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA



Las estrategias de actuación nacionales

Para reducir los impactos del sistema energético sobre el clima, hace años que en Europa se está trabajando en la mejora de la eficiencia energética y en la diversificación de las fuentes de energía en favor de sistemas menos contaminantes o renovables, a la vez que se está actuando en la concienciación social sobre estas cuestiones.

Las instituciones públicas, tanto las de escala nacional o regional como las de ámbito local, tienen un papel fundamental en la consolidación de la nueva cultura de la energía (ahorro, eficiencia, energías renovables y diversificación). Para adoptar una política ambiental y energética eficaz, es necesario definir el escenario de futuro que se desea alcanzar y qué

mecanismos se aplicarán para avanzar en esta estrategia. En el caso de España y Cataluña, los documentos elaborados bajo estos criterios son los siguientes:

- **Revisión del Plan de la energía de Cataluña 2006-2015**, en el que se establecen las líneas estratégicas del gobierno y su plan de energías renovables y suministro energético.
- **Estrategia española de cambio climático y energía limpia. Horizonte 2007-2012-2020**, en la que se plantean las actuaciones para reducir las emisiones de GEI, y donde se definen los mecanismos para fomentar el uso racional de la energía y la eficiencia energética (en la línea de lo que se apunta en el **Plan de acción 2008-2012 de la Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España**)
- **Plan nacional de asignaciones y Estrategia española de cambio climático y energía limpia** (Ministerio de Medio Ambiente, 2007), orientado a reducir las emisiones en los sectores difusos (aquellos no sometidos a la Directiva de comercio de derecho de emisiones).
- **Estrategia española de movilidad sostenible (Ministerio de Fomento, 2008)**, en la que se realiza una diagnosis del sistema de transporte en España y se plantean medidas e iniciativas para reducir el consumo y las emisiones asociadas al sector.
- **Plan catalán de mitigación del cambio climático 2008-2012**, en el que se establece el objetivo de reducir en Cataluña en este período 5,33 millones de toneladas de GEI, mediante la implementación de un conjunto de propuestas nacidas en un proceso participativo.

PRINCIPALES IDEAS SOBRE CIUDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

- **El cambio climático supone una amenaza para las infraestructuras urbanas y para la calidad de vida de los ciudadanos de Barcelona.**

Los impactos de los cambios ambientales asociados al calentamiento de la atmósfera -como el aumento del nivel del mar, las olas de calor, el efecto isla de calor de las ciudades, los temporales marítimos de viento y el aumento de la temperatura-, afectan a la calidad de vida de los ciudadanos y, en especial, aumentan el riesgo de problemas de salud en determinados sectores de la población.

- **La forma cómo evoluciona y funciona Barcelona es importante en lo que se refiere al cambio climático.**

El uso de la energía y el mix de generación asociado incide en las emisiones de gases de efecto invernadero. La densidad urbana y el urbanismo de la ciudad son factores clave que afectan el consumo de energía, sobre todo en los sectores del transporte y la edificación. Por tanto, proyectos como el 22@ son emblemáticos en lo que se refiere a los aspectos demostrativos, pero también tiene importancia su repercusión como valor absoluto.

- **El estilo de vida de los ciudadanos también influye sobre las emisiones.**

Las emisiones de gases de efecto invernadero dependen del estilo de vida de las personas, y no sólo de las características de la ciudad. El impacto del consumo de energía está relacionado además con la forma como dicha energía se ha generado. Barcelona tiene importantes estructuras de generación de energía eléctrica en la propia ciudad o en sus cercanías. El fomento de las energías renovables locales, especialmente la solar, es clave avanzar en la reducción de las emisiones.

- **Las acciones locales deben estar coordinadas con los objetivos de reducción de CO₂ del resto de administraciones.**

Los objetivos de la ciudad tienen que ser coherentes con los objetivos de reducción de las emisiones de la Generalitat de Cataluña, actualmente definidos en el Plan Catalán del Cambio Climático 2008-2012.

- **El compromiso entre crecimiento económico y prioridades ambientales debe encontrar en la ciudad su equilibrio óptimo.**

La contaminación afecta la competitividad y el atractivo de la ciudad, además de incidir en la salud de los ciudadanos. El incremento de la actividad económica supone, sin embargo, un mayor consumo de energía, una mayor

demanda de movilidad y, por tanto, mayores niveles de contaminación. Las actividades del Puerto y del Aeropuerto contribuyen también a un aumento de dicha contaminación.

- Deben realizarse evaluaciones integrales de las políticas de cambio climático. Aunque es difícil y complejo, es necesario evaluar de forma integral los efectos de las políticas contra el cambio climático.

- **En los planes estratégicos de la ciudad deben incluirse la contribución y la vulnerabilidad al cambio climático.**

La planificación estratégica no puede olvidar el fenómeno del cambio climático, ya que es y continuará siendo una cuestión omnipresente durante los próximos años, tanto en lo que se refiere a los impactos como a las repercusiones de las acciones en mitigación.

- **Pueden aplicarse los mecanismos de flexibilidad que aparecen en el Protocolo de Kioto.**

Para conseguir créditos de reducción de emisiones o posibles vías de financiación, sería conveniente aplicar pueden aplicarse mecanismos de desarrollo limpio o de implementación conjunta. Barcelona acoge una de las empresas más activas en la compra-venta de derechos de emisiones, Sendeco.

- **Barcelona debe colaborar en la creación de mercados, productos y servicios eficientes.**

Barcelona puede contribuir a mejorar la eficiencia aplicando políticas municipales de compra de productos, bienes y servicios que incorporen criterios relacionados con la gestión del cambio climático, e integrando objetivos ambientales en la explotación y la planificación de los servicios municipales.

1.2.2 – ENERGÍA Y CALIDAD DEL AIRE

Mientras que gases como el CO_2 , el metano o el óxido nitroso tienen un impacto ambiental global –ya que potencian el efecto invernadero–, otros compuestos causan un impacto local que afecta a la salud pública, debido a que empeoran la calidad del aire en las ciudades. Estos contaminantes son los óxidos de nitrógeno (NO_x), el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO_2), las partículas sólidas en suspensión (PM) o los compuestos orgánicos volátiles (COV), entre otros. La combustión de hidrocarburos como la gasolina, el gasoil, los gases licuados del petróleo o el gas natural, además de generar estos compuestos contaminantes también favorecen su reacción con el oxígeno y el nitrógeno del aire.

La calidad del aire en Barcelona y su área metropolitana

La calidad del aire en la ciudad de Barcelona es, desde finales de los años setenta, uno de los principales problemas ambientales urbanos, como sucede en la mayoría de grandes conurbaciones del mundo. Un aire de baja calidad afecta directamente la salud de los ciudadanos.

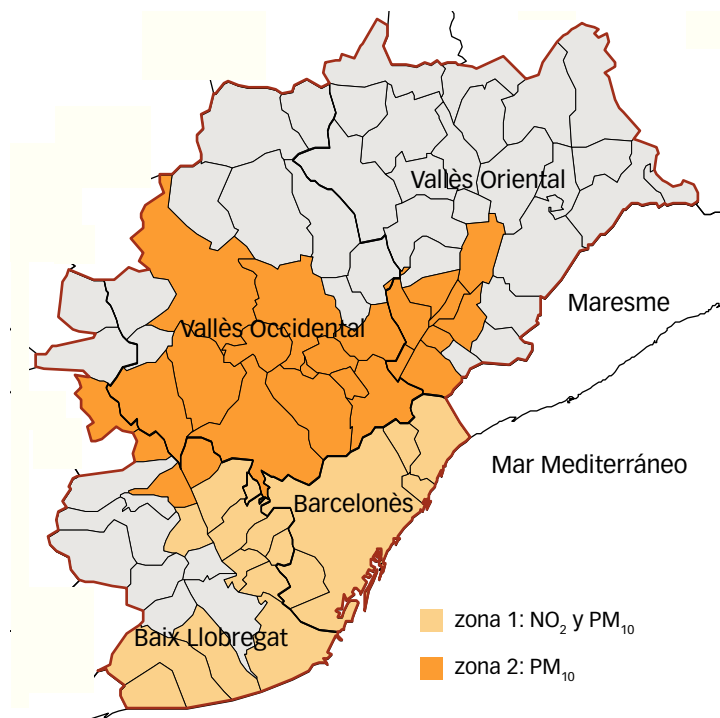
La implantación de los primeros puestos de control de la calidad atmosférica de Barcelona se realizó durante los años 80 (Parque de la Ciutadella, en 1984, y Jardines Josep Trueta, en 1988), fundamentalmente para medir la concentración de los contaminantes derivados del uso de combustibles fósiles como el carbón o el fueloil. La gasificación de la ciudad, la mejora de los procesos industriales y la renovación de las centrales de generación eléctrica, han contribuido durante los últimos años a la progresiva sustitución de estos combustibles y la consiguiente reducción de SO_2 en el aire.

No obstante, uno de los principales cambios que ha experimentado la ciudad en los últimos treinta años, y que ha influido de forma decisiva sobre la calidad del aire urbano, ha sido el notable incremento del parque de vehículos a motor privados (agravado por la mayor proporción de vehículos diesel), y que ha supuesto un aumento de las concentraciones de NO_x y partículas sólidas en suspensión. El dióxido de azufre, afortunadamente, se ha mantenido como contaminante residual.

En Barcelona, como en otras ciudades europeas (París, Londres, Berlín o Rotterdam), se superan actualmente los límites de concentración en media anual de NO_x y PM_{10} (partículas inferiores a $10\ \mu$) establecidos por la Unión Europea para la protección de la salud (desde el año 2010 los límites son $40\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el NO_2 y las PM_{10}). Este hecho exige que se adopten nuevas estrategias de actuación a todos los niveles, desde la fabricación de vehículos hasta la legislación, para mejorar la calidad del aire en las áreas metropolitanas.

La legislación catalana vigente (Ley 22/1983, de 21 de noviembre, de protección del ambiente atmosférico) plantea precisamente unas pautas a seguir para mejorar la calidad del aire. En este contexto, en 2006 se aprobó el Decreto 226/2006 de declaración de diferentes municipios de las comarcas del Barcelonès, el Vallès Oriental, el Vallès Occidental y el Baix Llobregat como Zonas de protección especial del ambiente atmosférico. Posteriormente, en julio de 2007, la Generalitat de Cataluña aprobó el Plan de actuaciones para la mejora de la calidad del aire en los municipios de estas zonas. La normativa establece, concretamente, dos zonas: la Zona 1 de protección de NO_x , y la Zona 2 de protección de PM_{10} . Barcelona está incluida en ambas.

Aunque el objetivo principal de este plan de actuación era reducir las emisiones (concentración de contaminantes que recibe la población) de NO_2 y PM_{10} hasta ajustarlas a los límites que establece la legislación europea para el año 2010, las medidas planteadas también contribuirán a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y, por tanto, a avanzar en el cumplimiento del Protocolo de Kioto en Cataluña.

FIGURA 16 | ZONAS DE PROTECCIÓN ESPECIAL DEL AMBIENTE ATMOSFÉRICO

Uno de los instrumentos para evaluar la calidad del aire es la información que proporcionan los puntos de medición que forman la Red de Vigilancia y Previsión de la Contaminación Atmosférica (XVPCA), creada mediante la Ley 22/1983, de 21 de noviembre, de protección del ambiente atmosférico. Está formada por diversas estaciones fijas y móviles para la vigilancia, previsión y medición de la contaminación atmosférica.

La evaluación de la calidad del aire mediante los sensores de la XVPCA se realiza comparando los niveles de inmisión medidos con los objetivos de calidad establecidos por la Unión Europea. La XVPCA ofrece dos tipos de resultados de las inmisiones según los requerimientos legales: por un lado, reporta las inmisiones de contaminantes en media anual, tanto para el NO_2 como las PM_{10} o $\text{PM}_{2,5}$; por el otro, reporta medias horarias para el NO_2 o diarias (para las PM_{10} o $\text{PM}_{2,5}$, según el contaminante medido, ya que la legislación actual establece que en un año natural no se puede superar un determinado número de valores límites horarios o diarios).

En Barcelona están activas 11 estaciones (automáticas y manuales) de medición de contaminantes atmosféricos de la Agencia de Salud Pública de Barcelona incluidas en la XVPCA. Entre las estaciones de medición fijas automáticas y manuales, y las unidades móviles para realizar campañas de medición de inmisión en puntos donde no hay vigilancia mediante estaciones fijas, hay en total 6 puntos de medición de NO_x y 10 puntos de medición de PM_{10} , más 3 puntos de $\text{PM}_{2,5}$.

LOS GASES Y CONTAMINANTES DE EFECTO LOCAL

Los **óxidos de nitrógeno** (NO_x) se originan por la reacción del oxígeno y el nitrógeno del aire a temperaturas elevadas. El 65% de los óxidos de nitrógeno emitidos en Cataluña proceden de los motores de los vehículos, y se calcula que en zonas urbanas el transporte puede representar entre un 60% y un 70% de las emisiones totales.

Las **partículas en suspensión** pueden ser partículas no quemadas durante el proceso de combustión de los hidrocarburos o producirse por el rozamiento de las ruedas de los vehículos con el asfalto, por la abrasión del asfalto, por los frenos de los vehículos, por las obras o por la *resuspensión* de polvo en las calles. Se pueden clasificar en partículas totales en suspensión (PST, de diámetro aerodinámico \geq a 100 μm) y en partículas PM (*Particulate Matter*), que incluye diferentes categorías según su diámetro. Por ejemplo, PM_{10} corresponde a partículas de diámetro inferior a 10 μm , mientras que las $\text{PM}_{2,5}$ incluye las que tienen un diámetro inferior a 2,5 μm . Las partículas inferiores a PM_{10} afectan la salud humana ya que pueden penetrar en el sistema respiratorio.

El **monóxido de carbono** (CO) se genera por la combustión incompleta de combustibles debido a la falta de oxígeno. Es un contaminante típico del aire en las zonas urbanas y un indicador del volumen de tráfico. Los motores de los vehículos son responsables del 85% del monóxido de carbono emitido en Cataluña.

Los **compuestos orgánicos volátiles** (COV), como el CO, tienen su origen también en la combustión incompleta del combustible. El transporte genera aproximadamente el 50% de las emisiones de este gas.

El **dióxido de azufre** (SO_2) se forma por la oxidación del azufre contenido en el combustible, y su emisión es constante por tipo de combustible. Combustibles como el gas natural o el gas licuado del petróleo (GLP) no emiten SO_2 . Las emisiones generadas por el transporte, sin embargo, sólo representan un 10% de las emisiones total de este compuesto en Cataluña.

Los límites de tolerancia

En 2008 se aprobó la Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y el Consejo, relativa a la calidad del aire y de una atmósfera más limpia en Europa. En esta Directiva se refundía toda la normativa anterior vigente (Directiva 96/62/CE, Directiva 1999/30/CE, Directiva 2000/69/CE, Directiva 2002/3/CE y la Decisión 97/101/CE), excepto la Directiva 2004/107/CE sobre arsénico, cadmio, níquel, mercurio e hidrocarburos aromáticos policíclicos. Esta ley incluye la medición de partículas en suspensión con diámetro inferior a 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$) y sus objetivos de calidad del aire.

Los límites establecidos legalmente por la Unión Europea responden a estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS):

- **NO_2** . Estudios epidemiológicos han revelado que los síntomas de bronquitis en niños asmáticos aumentan con la exposición prolongada. Asimismo, la disminución del desarrollo de la función pulmonar también está asociada con las concentraciones de NO_2 observadas actualmente en ciudades europeas y norteamericanas. Los límites recomendados por la OMS coinciden con los marcados por la Unión Europea (media anual de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y media horario de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- **PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$** . Las partículas afectan a más personas que cualquier otro contaminante, y sus principales componentes son sulfatos, nitratos, amoníaco, cloruro sódico, carbón, polvo de minerales y agua. Están constituidas por una mezcla compleja de partículas líquidas y sólidas de sustancias orgánicas e inorgánicas en suspensión. Una exposición crónica a este tipo de partículas aumenta el riesgo de patologías cardiovasculares y respiratorias, así como de cáncer de pulmón. Los límites recomendados por la OMS para alcanzar un nivel de confianza del 95% no coinciden con los marcados por la Unión Europea, ya que la OMS establece un límite en media anual de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para las PM_{10} y de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para las $\text{PM}_{2,5}$, y una media de 24 horas de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para las PM_{10} y 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para las $\text{PM}_{2,5}$.

Las medidas de actuación en Barcelona

Desde hace tiempo, el Ayuntamiento de Barcelona y otras administraciones públicas vienen aplicando diversas medidas para mejorar la calidad del aire. En este sentido, se ha incidido de forma especial en el estudio de los focos industriales, se ha modernizado la planta de valorización energética de residuos, se han sustituido las centrales térmicas convencionales situadas en el Besòs por centrales térmicas de ciclo combinado (con un nivel de emisiones contaminantes inferior), se han potenciado las fuentes renovables, mediante, por ejemplo, el impulso de la Ordenanza solar térmica, y se ha fomentado el ahorro y la eficiencia energética mediante los proyectos del Plan de mejora energética de Barcelona.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el principal foco de contaminación es actualmente el transporte viario. Según el Plan de actuación de la Generalitat de Cataluña vinculado a la Declaración de las Zonas de protección especial del ambiente atmosférico, el transporte terrestre contribuye en un 40% a las emisiones de NO_x y en un 52% a las de partículas en suspensión, siendo además el principal foco emisor de ambos contaminantes.

En todo caso, deben destacarse los esfuerzos realizados hasta el momento para reducir las emisiones de este sector: potenciando el transporte público colectivo con la integración tarifaria y la mejora de las redes de transporte (bus, metro y tranvía); fomentando el cambio de hábitos de los ciudadanos; ampliando la red de carril bici y creando el servicio del Bicing; o aplicando medidas de gestión del aparcamiento público en la calle en una gran parte de la ciudad.

No obstante, queda todavía camino por recorrer –especialmente en el ámbito del transporte privado–, ya que la ciudad no cumple todavía los estándares de calidad del aire marcados por la Comisión Europea.

TAULA 5 | LÍMITES DE INMISIÓN ESTABLECIDOS POR LA UNIÓN EUROPEA A PARTIR DE 2010

CONTAMINANTE	VALOR LÍMITE PUNTUAL	VALOR LÍMITE MEDIA ANUAL
NO_2 (RD 1073/2002)	Horario: 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [Límite de superación permitido: 18 veces/año]	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2009]
PM_{10} (RD 1073/2002)	Diario (24h): 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [Límite de superación permitido: 35 veces/año]	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
$\text{PM}_{2.5}$ (Directiva 2008/50/CE)	--	Objetivo 2010: 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Límite 2015: 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Límite 2020: 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

FIGURA 17 | EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE NO₂

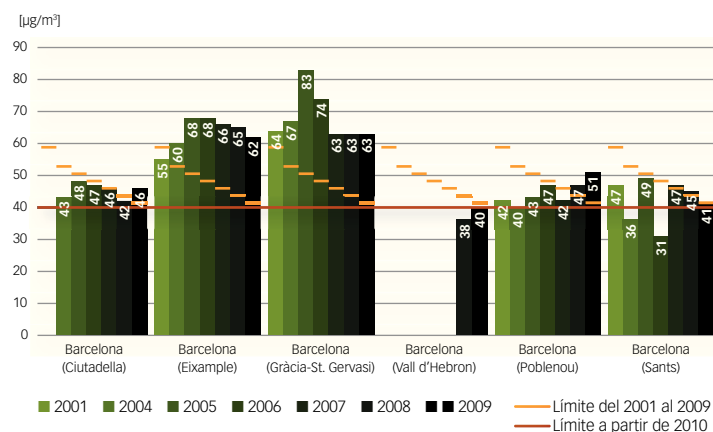
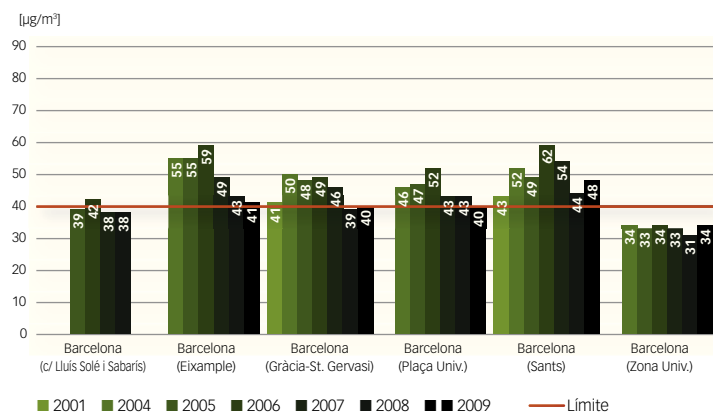


FIGURA 18 | EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PM₁₀



Fuente: Dirección de Servicios de Vigilancia Ambiental, Agencia de Salud Pública de Barcelona y Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Cataluña

La línea horizontal de los gráficos corresponde a los límites de 40 µg/m³ que deben cumplirse desde el año 2010 en la Unión Europea.

1.2.3 – LA ENERGÍA EN EL MARCO NORMATIVO

El PECQ 2011-2020 se enmarca en un contexto normativo complejo con referencias al ahorro y la eficiencia energética, el uso de las fuentes de energía renovables, la reducción de los gases de efecto invernadero y la mejora de la calidad del aire. Las leyes y ordenanzas de rango local, autonómico, estatal y comunitario que tienen más relevancia actualmente en estos ámbitos son las siguientes:

Sobre los edificios

- **Directiva europea 2002/91CE.** La Directiva 2002/91CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios. Plantea diversos cálculos energéticos y requisitos mínimos de eficiencia en dichos edificios, así como la certificación energética e inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado.
- **Código Técnico de la Edificación (CTE).** Aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y modificado parcialmente por el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre. Es el marco normativo que regula las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios –incluidas sus instalaciones– para satisfacer los requisitos de seguridad y habitabilidad. Algunas de las exigencias básicas que regula están relacionadas con la seguridad en caso de incendio, la protección frente al ruido, y el ahorro energético.
- **Decreto de ecoeficiencia.** En Cataluña, además del CTE, esta norma (Decreto 21/2006, de 14 de febrero) regula la adopción de criterios ambientales y ecoeficiencia en los edificios en los ámbitos del agua, los residuos, los materiales y los sistemas constructivos.
- **Decreto de habitabilidad.** Aprobado en 2009 (Decreto 55/2009, sobre las condiciones de habitabilidad de las viviendas), fija algunos criterios sobre sostenibilidad y ahorro energético.
- **Ordenanza de medio ambiente de Barcelona (OMA).** Desde el año 2011 incluye un título sobre energía que recoge, por un lado, la Ordenanza solar térmica con el objetivo de promover y regular, mediante la normativa local, las instalaciones de energía solar de baja temperatura

para la producción de agua caliente en edificios (normativa modificada el año 2006), y por el otro, la nueva Ordenanza Solar Fotovoltaica, que regula la incorporación de sistemas fotovoltaicos en edificios de nueva construcción y rehabilitaciones en función de los usos.

- **Real Decreto 1826/2009.** Establece unos requisitos mínimos de rendimiento energético de los generadores de calor. Se prohíbe la instalación, desde enero de 2010, de calderas con unas características inferiores a unos niveles de rendimiento especificados en la normativa, y se limita la temperatura en el interior de los establecimientos habitables que estén acondicionados y que estén situados en los edificios y locales destinados a usos de tipo administrativo, comercial y de pública concurrencia.
- **Real Decreto 47/2007.** Procedimiento básico para la certificación energética de edificios de nueva construcción. A cada edificio se le asigna una categoría de eficiencia energética que varía entre la A, la más eficiente, y la G, la menos eficiente.

Sobre los vehículos

- **Normativa de emisiones de los vehículos.** Directiva 98/69/CE, sobre vehículos para el transporte de pasajeros y vehículos ligeros, y Directiva 99/96/CE, sobre vehículos para el transporte pesado de mercancías. Desde 1992 se aprueban unas directivas comunitarias para avanzar en la reducción de las emisiones de los nuevos vehículos (directivas Euro). Los valores máximos de emisiones y otras consideraciones de tipo técnico fijadas por esta normativa son de aplicación universal para los vehículos nuevos fabricados en serie y puestos en circulación en el mercado de un estado miembro, pero están excluidos aquellos que ya circulan o que están destinados a la exportación.
La adaptación a los niveles que establecían las normativas Euro I (1992) y Euro II (1996) se consiguió mediante ajustes en los motores tradicionales. La adaptación por parte de los fabricantes a los nuevos estándares de emisiones se establecía en un proceso gradual en dos etapas (Euro III y Euro IV) que requerían el diseño de nuevos motores con una eficiencia ambiental más elevada. Euro III supuso una reducción significativa de los niveles de emisión con respecto a periodos anteriores y permitía, con carácter general desde 2001, preparar el camino para la reducción definitiva de las emisiones que tuvo lugar en una segunda

fase, la Euro IV, a partir de 2006. En algunos casos la normativa permite que los niveles de emisiones establecidas por Euro IV se pueda alcanzar, a su vez, en dos etapas, la segunda de las cuales, conocida como Euro V, está previsto que empiece a aplicarse durante el desarrollo del PECQ.

Para la reducción de las emisiones de CO₂, la Unión Europea firmó en 1998 un acuerdo con la ACEA (Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles) con el que se comprometía a alcanzar una emisión media de 140 gCO₂/km en los vehículos vendidos en la Unión en 2008. Este objetivo se tradujo en una disminución media del 25% de las emisiones de CO₂ de los automóviles de nueva matriculación en el período. Asimismo, la ACEA se comprometía a fabricar vehículos a partir de 2000 con un nivel de emisiones de 120 g/km, y a revisar el acuerdo entre ambas partes en 2003.

- **Directiva 2003/30/CE.** Fija un objetivo del 5,75% de utilización de biocombustibles, calculado sobre la base del contenido energético de toda la gasolina y el gasoil comercializados en el mercado para el transporte, con una fecha límite, el 31 de diciembre de 2010.
- **2009/28/CE, de 23 abril de 2009. Artículo 3.** Determina que cada estado miembro tiene que velar para que la cuota de energía en 2020 procedente de fuentes renovables en los distintos tipos de transporte sea, como mínimo, el equivalente al 10% del consumo final del transporte.
- **2009/28/CE, de 23 abril de 2009. Artículo 17.** Propone una reducción de gases de efecto invernadero asociada al uso de biocarburantes y biolíquidos de un 50%, como mínimo, a partir del 1 de enero de 2017. A partir del 1 de enero de 2018, esta reducción se amplía al 60% para los biocarburantes y biolíquidos obtenidos en instalaciones que los hayan comenzado a producir a partir de 2017.
- **2009/28/CE, de 23 abril de 2009 Artículo 5.** La cantidad de energía consumida en aviación no ha de sobrepasar el 6,18% sobre el consumo final bruto de energía de cada estado miembro.
- **Plan de activación del ahorro y eficiencia energética 2008-2011:** aprobado por el Consejo de Ministros del Gobierno español el 1 de agosto 2008 con el objetivo de alcanzar en 2014 a escala estatal la cifra de un millón de vehículos eléctricos, entre otras medidas.

Sobre las medidas de eficiencia energética

- **REGLAMENTO (CE) N o 859/2009 DE LA COMISIÓN, de 18 de septiembre de 2009 + REGLAMENTO (CE) N o 244/2009 DE LA COMISIÓN, de 18 de marzo de 2009.** Establece los requisitos de diseño ecológico para la comercialización de lámparas de uso doméstico no direccionales, y para las lámparas que están integradas en otros productos. Se retirarán de forma progresiva hasta el 2012 las bombillas de incandescencia según su potencia, año en el que se aplicará a todas las potencias.
- **REAL DECRETO 1890/2008, del 14 de noviembre.** Aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas EA-01 y EA-07. Este reglamento se aplica a las instalaciones de más de 1 kW de potencia siguientes: alumbrado exterior (a las que se refiere la ITC-BT 09), fuentes (objeto de la ITC-BT 31), y alumbrado festivo y navideño (contempladas en la ITC-BT 34).
- UNE 16001, Sistemas de gestión energética, requerimientos y orientación para su uso. Norma oficial europea para sistemas de gestión de energía que ha substituido todas las normas anteriores, incluyendo la antigua norma UNE 216301.

Sobre los edificios públicos

- **Plan de activación del ahorro y eficiencia energética 2008-2011, aprobado por el Consejo de Ministros en sesión de 1 de agosto de 2008.** Establece como objetivo obligatorio por parte de la Administración General del Estado una reducción del 10% del consumo eléctrico, efectiva la primera mitad de 2009 con respecto al mismo período de 2008. Este nivel de ahorro se mantendrá de manera permanente en este trienio.

Sobre la gestión de los residuos

Las principales leyes que regulan la gestión de los residuos son la Directiva Marco de Residuos (Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008); la Directiva 1999/31/CE del Consejo de 26 de abril de 1999 (relativa al vertido de residuos); la Ley 62/2003 de 30 de diciembre (de medidas fiscales, administrativas y del

orden social, en la que se modifican determinados aspectos de la Ley 10/1998); el Plan Nacional Integrado de Residuos 2008 - 2015 [PNIR] del Consejo de Ministros de 26 de diciembre de 2008; la Ley catalana 6/1993 de 15 de julio (reguladora de los residuos) y modificada por la Ley 15/2003 de 13 de junio y por la Ley 9/2008 de 10 julio; el Decreto Legislativo 1/2009 de 21 de julio; y la Ley 8/2008 de 10 de julio (sobre la financiación de las infraestructuras de gestión de los residuos y de los cánones sobre el vertido final de los residuos)

Sobre la contaminación atmosférica

- **Decreto 152/2007**, de 10 de julio, de aprobación del Plan de actuación para la mejora de la calidad del aire en los municipios declarados Zonas de protección especial del ambiente atmosférico mediante el Decreto 226/2006, de 23 de mayo. Junto con el **Decreto 203/2009**, de 22 de diciembre, por el que se prorroga el Plan de actuación para la mejora de la calidad del aire en los municipios declarados Zonas de protección especial del ambiente atmosférico, aprobado por el Decreto 152/2007, de 10 de julio.
- **Decreto 226/2006**, de 23 de mayo, por el que se declaran Zonas de protección especial del ambiente atmosférico diversos municipios de las comarcas del Barcelonès, el Vallès Oriental, el Vallès Occidental y el Baix Llobregat para el contaminante dióxido de nitrógeno y para las partículas.
- **Real Decreto 1073/2002 de 18 octubre**, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire con respecto al dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono, que transpone las directivas 96/62/CE, 99/30/CE y 00/69/CE.
- **Decreto 397/2006**, de 17 de octubre, de aplicación del régimen de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero y de regulación del sistema de acreditación de verificadores de informes de emisión de dichos gases.

1.2.4 – LOS REFERENTES INTERNACIONALES

Barcelona, en el momento de definir su estrategia energética, no actúa de forma aislada, sino que adopta como referentes las actuaciones realizadas por otras ciudades del mundo. Por este motivo, durante la elaboración del PECQ se ha llevado a cabo un estudio comparativo internacional (benchmarking) para analizar cómo actúan otras ciudades con relación al cambio climático y la eficiencia energética.

Las ciudades han sido seleccionadas en base a dos criterios: las que han mostrado públicamente su interés e implicación por los temas relacionados con el medio ambiente y la sostenibilidad (por ejemplo, que pertenezcan al ICLEI, que hayan impulsado una Agenda 21 local...), y las que han redactado en los últimos cinco años algún plan o programa sobre energía, cambio climático y calidad del aire.

Ésta es la relación de ciudades: Londres, París, Viena, Estocolmo, Friburgo, Ámsterdam, Nueva York y Sídney. Con relación al número de habitantes y superficie de las ciudades y sus áreas metropolitanas, ninguna de las ciudades analizadas presenta condiciones similares a las de Barcelona. Viena tiene un número de habitantes parecido pero, sin embargo, es mucho más extensa.

El nombre de los distintos planes presenta una amplia diversidad. No obstante, se pueden definir dos grupos: los que utilizan un nombre más tradicional, y los que identifican un nombre -o incluso un eslogan-, más atractivo desde un punto de vista comunicativo.

La mayoría de los planes plantean un horizonte a largo plazo y otro a corto y medio plazo. La ciudad de Estocolmo ha elaborado uno a muy corto plazo; sólo dos años después de la aprobación del plan. El horizonte más lejano se sitúa en 2050 (4 planes), seguido de 2030 (2 planes). Todos los horizontes intermedios se sitúan entre los años 2010 y 2020, excepto el de Estocolmo (2030/2050).

Los objetivos de todos los planes son los mismos desde el punto de vista conceptual (excepto en el caso de Viena), y se centran en la reducción de las emisiones de CO₂ con respecto a las de un año de referencia. Cuantitativamente, no obstante, son muy distintos. Los que marcan objetivos de reducción más elevados son París (75%), Sídney (70 %), Estocolmo (60-80%) y Londres (60%).

En general, todos los planes incluyen aspectos relativos a la energía y al cambio climático. La calidad del aire está incluida implícitamente en la mayoría de los planes (contemplan medidas de reducción de la contaminación del aire), pero de forma explícita sólo la incorporan Friburgo y Nueva York, que la tratan como un apartado específico. Otros temas que también se tratan en dichos documentos son la gestión de los residuos, la gestión del agua o el turismo.

En relación con las fuentes energéticas, casi todos los planes tratan el petróleo y el carbón (excepto Friburgo), el gas natural (excepto Estocolmo) y la biomasa (menos Estocolmo y Sídney). Las fuentes más contempladas son la solar térmica (7 planes) y la solar fotovoltaica, la eólica y los biocombustibles (6 planes), mientras que la hidroeléctrica, la mareomotriz y la geotérmica (2 planes) las que menos. La mayoría de planes (6) contemplan el hidrógeno como una alternativa válida a largo plazo para sustituir la tecnología actual, basada fundamentalmente en el petróleo de los motores de combustión de los vehículos. Con respecto a la generación eléctrica, todas las ciudades apuestan claramente por la cogeneración, pero sólo dos se plantean la autogeneración.

La mitad de los planes analizados incluyen medidas de captación y almacenamiento de CO₂ (mediante la plantación de bosques), pero siempre como medidas complementarias. Con respecto a las medidas de adaptación al cambio climático, sólo las tienen en cuenta las ciudades de París, Nueva York y Sídney.

Todos los planes de acción se basan fundamentalmente en el fomento de la eficiencia energética en la edificación –tanto en los edificios públicos como en los privados-, y en medidas de actuación en el sector del transporte y la movilidad.

TAULA 6 | LOS REFERENTES INTERNACIONALES DEL PECQ

CIUDAD (población)	ÁMBITOS TRATADOS		
	Energía	Clima	Aire
LONDRES (7.684.000) ► The London Plan - 2004	Si	Si	Si
PARÍS (2.167.000) ► Paris Climate Plan - 2007	Si	Si	No
VIENA (1.670.300) ► Urban Energy Efficiency Programme - 2006	Si	No	No
ESTOCOLMO (798.700) ► Stockholm's Action Programme against Greenhouse Gas Emissions - 2003	Si	No	No
AMSTERDAM (751.700) ► Amsterdam Climate Programme - 2007 ► Air Quality Plan - 2006	Si	Si	Si
FRIBURG (217.500) ► Freiburg Green City. Approaches to Sustainability - 2007 ► The Clean-Air Plan - 2006	Si	Si	Si
NUEVA YORK (8.214.400) ► Plan NYC. A greener, greater New York - 2006	Si	Si	Si
SYDNEY (164.500) ► Environmental Management Plan - 2007	Si	Si	No



Diagnosis - BLOQUE 2

PROGRAMA CIUDAD

2.1 - El ámbito de análisis

2.1.1 - EL CONTEXTO: LA CIUDAD

Las ciudades y conurbaciones se han convertido en los últimos años en los grandes consumidores energéticos mundiales. Aproximadamente, un 75% de la energía se destina a mantener la compleja organización de los sistemas urbanos, donde viven ya más del 60% de habitantes.

Hay que tener en cuenta, a la hora de analizar el metabolismo de las ciudades, que éstas tienen un funcionamiento ecosistémico parecido al de cualquier ecosistema natural en lo que se refiere a la demanda de recursos, agua, energía e información, y a la generación de residuos sólidos, líquidos y gaseosos. No obstante, el comportamiento es mucho más complejo, ya que la capacidad de los humanos de concentrar actividades y funciones en determinados territorios supera en la mayoría de los casos la capacidad de carga de dichos lugares; es decir, la capacidad de satisfacer las necesidades y asumir los productos residuales con los recursos propios. Estos flujos determinan, por tanto, la relación de la ciudad con el exterior.

Las ciudades modernas, al tener un metabolismo lineal ineficiente, basan el mantenimiento de su actividad en una elevada y permanente demanda de recursos y materiales. Por este motivo, tienen actualmente la

gran oportunidad de progresar hacia una mayor eficiencia haciendo un uso más racional de los recursos que tiene a su alcance, con las ventajas que ello supone a nivel de ahorro de energía y reducción de su impacto ambiental, en especial de las emisiones de carácter local (contaminación) y global (cambio climático). Para avanzar en esta línea, la ciudad puede actuar en distintos frentes, como la reducción de la demanda de transporte en vehículo privado, la diversificación de los centros de generación de energía, la valoración energética de los residuos, el aprovechamiento de las fuentes renovables, la mejora de la eficiencia de los edificios e instalaciones públicas o el fomento de las zonas verdes urbanas, entre otros.

Este nuevo escenario exige asimismo una implicación activa por parte de la administración local, de manera que no sea sólo un simple consumidor más en el mercado energético. Su participación como gestora y legisladora es, evidentemente, imprescindible, pero también lo es que tenga un papel relevante en la innovación, la planificación o la educación

Las ciudades tienen actualmente la gran oportunidad de progresar hacia una mayor eficiencia haciendo un uso más racional de los recursos que tiene a su alcance, con las ventajas que ello supone a nivel de ahorro de energía y reducción de su impacto ambiental; en especial de las emisiones de carácter local (contaminación) y global (cambio climático).

2.1.2 - BARCELONA EN EL TERRITORIO

Barcelona está situada en la llanura del mismo nombre que se extiende, de norte a sur, entre las cuencas fluviales de los ríos Llobregat y Besòs, y de este a oeste, entre la Sierra de Collserola y el mar. Ocupa una superficie de 101 km², y sus dimensiones máximas son de unos 8 km entre Collserola y el Puerto de Barcelona, y de 9 km entre Montjuïc y el río Besòs.

El área de influencia barcelonesa, no obstante, se extiende más allá de los límites administrativos de la ciudad. En los últimos cuarenta años se ha producido un fenómeno característico de las grandes urbes mundiales, el de la metropolitanización, de manera que Barcelona se ha convertido en el centro de un gran sistema urbano en el que los municipios vecinos –e incluso las comarcas- se han configurado como una nueva realidad geográfica.

Este hecho ha conllevado un proceso de prolongación de la trama urbana con importantes implicaciones ambientales sobre el territorio. Los referentes territoriales actuales de Barcelona dependen, por tanto, del ámbito considerado: el propio municipio, la comarca del Barcelonès, el área metropolitana o las comarcas que conforman la Región Metropolitana. Por tanto, cualquier decisión política urbanística y territorial que se tome, o cualquier cambio socioeconómico que se produzca en el conjunto de este territorio, tienen una repercusión significativa en el funcionamiento y dinámica de la ciudad.

Este hecho se constata de forma especial en el ámbito de la planificación y gestión de los recursos naturales o de los servicios que tienen un claro componente ambiental: la recogida y el tratamiento de residuos, el suministro de agua potable y el tratamiento de las aguas residuales, la red de espacios naturales o la movilidad y el transporte público colectivo. La energía, como ocurre en los sistemas naturales, es el motor que impulsa este conjunto de actividades fundamentales para el mantenimiento y funcionamiento cotidianos del sistema urbano, por lo que la planificación, ordenación y urbanización del conjunto de elementos que configuran el territorio tienen una incidencia especial sobre el consumo final y la consiguiente generación de emisiones.

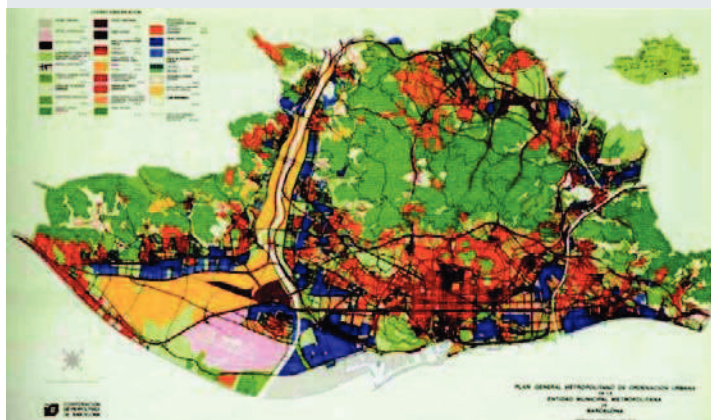
A pesar de que es complejo intervenir sobre la ciudad ya construida, las nuevas transformaciones urbanísticas y los nuevos barrios deben ser diseñados y gestionados bajo criterios de sostenibilidad con el objetivo de reducir el consumo de recursos naturales y de energía, así como sus impactos socioambientales. En el ámbito energético, por ejemplo, Barcelona ha incluido en los últimos años nuevos criterios de actuación a la hora de impulsar los proyectos urbanos –por ejemplo, en el desarrollo de barrios como el de Vallbona-, y ha introducido innovaciones tecnológicas y normativas que han tenido un impacto significativo en el sector, como las redes de climatización centraliza (district heating and cooling) o la Ordenanza solar térmica, entre otras.

En este contexto, es necesario ir más allá y reflexionar sobre cómo el desarrollo urbanístico y la ordenación territorial deben incorporar el vector energía y la calidad del aire y el cambio climático.

EL PLAN GENERAL METROPOLITANO

Barcelona y 26 municipios más del Área Metropolitana de Barcelona rigen su urbanismo por el Plan General Metropolitano de Ordenación Urbana (PGM), instrumento urbanístico aprobado por la Comisión Provincial de Urbanismo de Barcelona el 14 de julio de 1976.

El PGM continúa vigente, pero a lo largo de los años ha experimentado numerosas modificaciones –como también las normas urbanísticas de cada municipio– para adaptarse a la evolución de un territorio complejo en el que los núcleos urbanos y los de actividad económica conviven con espacios naturales de gran valor ecosistémico.



2.1.3 - LA POBLACIÓN

A consecuencia de las distintas corrientes migratorias, Barcelona pasó de los poco más de medio millón de habitantes a principios de siglo XX a los más de 1,9 millones de los años setenta. No obstante, a partir de 1980, y durante dos décadas, la ciudad experimentó un retroceso demográfico. Este fenómeno no se había producido antes a lo largo del siglo XX, y fue debido, por un lado, al freno de los procesos inmigratorios por la crisis económica que se vive en ese momento, y por el otro, al proceso de desconcentración urbana, tanto de las actividades productivas como de las residenciales. Esto ha consolidado progresivamente en la región metropolitana de Barcelona una estructura marcada por el gran incremento de los flujos de movilidad.

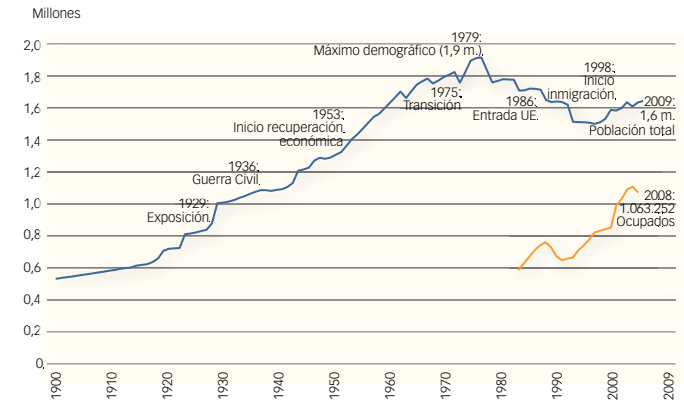
A principios de 2000, la situación vuelve a cambiar, esta vez de la mano de la inmigración extranjera, estimulada por el aumento de la oferta de empleo. Simultáneamente, se registra una ligera recuperación de la tasa de natalidad. El número de puestos de trabajo radicados en Barcelona llega a su máximo histórico durante 2007 y el primer semestre de 2008, alcanzándose los 1,1 millones, cifra que ha ido reduciéndose desde entonces por la crisis económica.

Actualmente, Barcelona tiene alrededor de 1,6 millones de habitantes, lejos todavía del máximo demográfico de 1,9 millones al que se llegó en 1979, pero con un stock residencial muy superior al de aquel momento debido a la reducción del número medio de miembros por vivienda. De esta forma, mientras que la tasa de crecimiento de la población entre 1992 y 1999 fue negativa (-1,15% anual), la de 1999 a 2009 fue ligeramente positiva (0,8% anual), aunque sin alcanzarse los valores de 1992.

Como en el resto de Cataluña y el Estado español, la caída de la tasa de natalidad ha transformado la tradicional pirámide de edades de las ciudades por una figura en forma de urna, con la edad media de la población de Barcelona situada en los 43,1 años; bastante elevada si se compara con la media catalana, que es de 40,3 años, o con la del resto del ámbito metropolitano de Barcelona, que se sitúa sobre los 39 años.

Por grupos de edad, un 11,8% de la población tenía en 2009 menos de 14 años, un 4% entre 15 y 24 años, un 63,9% entre 25 y 64, y un 20,3% 65 años o más. Nou Barris, Horta-Guinardó y Eixample son los distritos con un mayor porcentaje de gente mayor (65 años y más), pero en todos los distritos excepto Ciutat Vella este sector de la población representa más del 19%. Sarrià-Sant Gervasi es el distrito con más niños (0 a 14 años), y el Eixample el que tiene más gente joven (15 a 24 años).

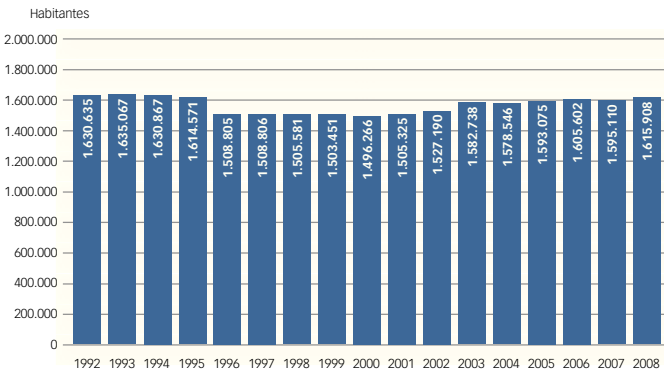
FIGURA 19 | EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE BARCELONA (1900-2009)



Fuente: Departamento de Estadística. Ayuntamiento de Barcelona

La población inmigrante ha ido incrementándose hasta representar un 17% de la población total de la ciudad, pero la coyuntura económica actual está frenando este proceso de inmigración, sobre todo el procedente de los países en desarrollo. Este escenario hace de Barcelona una ciudad de gran complejidad social, multicultural y con unas pautas de inserción en los mercados de trabajo y de la vivienda muy diversificadas. Este hecho es relevante a la hora de evaluar la evolución del consumo energético de la ciudad, ya que el comportamiento social con respecto al uso de la energía va muy asociado a la intensidad del consumo, y cada cultura suele interpretar de forma dicho uso.

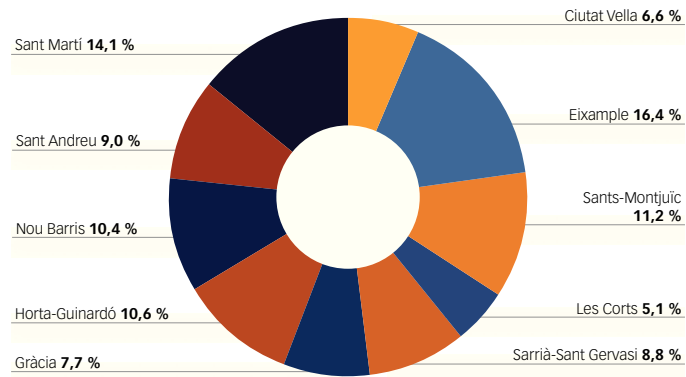
FIGURA 20 | EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE BARCELONA (1992-2009)



Fuente: Departamento de Estadística. Ayuntamiento de Barcelona

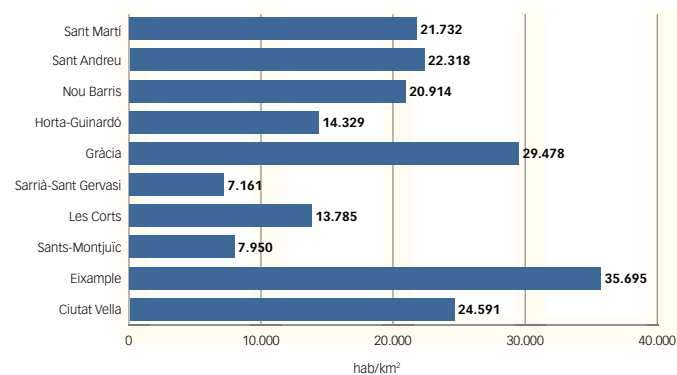
Los distritos con una mayor densidad de población son el Eixample y Gràcia (35.695 y 29.478 hab/km², respectivamente), mientras que Sarrià-Sant Gervasi y Sants-Montjuïc los que tienen una menor densidad (7.161 y 7.950 hab/km², respectivamente).

FIGURA 21 | DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE BARCELONA POR DISTRITOS (2009)



Fuente: Departamento de Estadística. Ayuntamiento de Barcelona

FIGURA 22 | DENSIDAD DE POBLACIÓN POR DISTRITOS (2009)



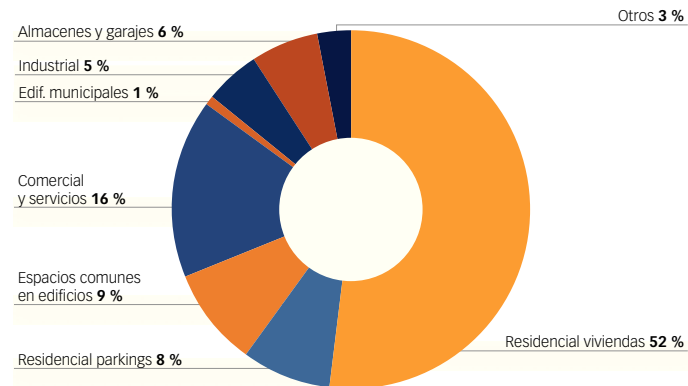
Fuente: Departamento de Estadística. Ayuntamiento de Barcelona

2.1.4 – EL PARQUE DE EDIFICIOS

La evolución de la superficie de techo construida en Barcelona a lo largo de la historia ha tenido un crecimiento sostenido, con momentos de gran construcción marcados por épocas de transición, oleadas migratorias o grandes desarrollos urbanísticos.

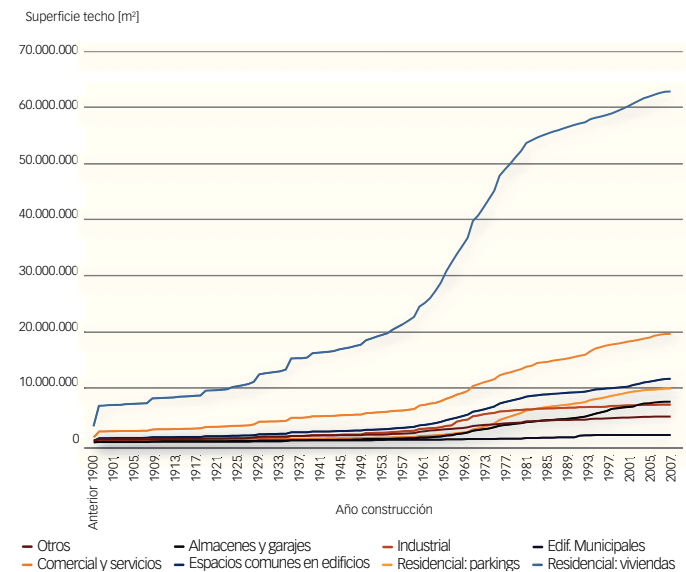
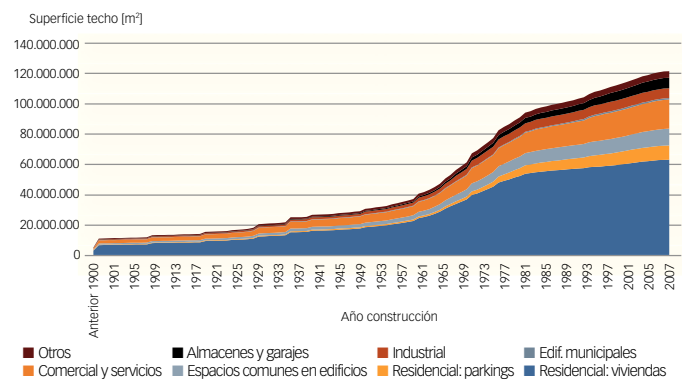
En los últimos años, la construcción ha sido más moderada, con valores de crecimiento anuales inferiores al 1%. No obstante, entre 1999 y 2007 se construyeron aproximadamente 3,2 millones de m² de techo nuevo en Barcelona, alcanzándose así los 121,35 millones de m². Según la base de datos del catastro, más de la mitad corresponde a techo residencial (62,7 millones de m²), seguido de los locales destinados a usos industriales y a garajes y almacenes (22,9 millones de m²). Destaca asimismo la gran superficie destinada al sector comercial y de oficinas (8,2 y 6 millones de m², respectivamente).

FIGURA 23 | SUPERFICIE DE TECHO EN BARCELONA (2007)



Fuente: Catastro de Barcelona

FIGURA 24 | EVOLUCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN POR ANTIGÜEDAD DE LA SUPERFICIE DE TECHO CONSTRUIDO EN BARCELONA (1900-2007)



▲ Si se comparan los datos de techo por uso con los valores de 1999, se revela que en los últimos años Barcelona ha experimentado una reducción significativa de la superficie de techo industrial (-0,8% anual), acompañada de una tercerización del parque de edificios, con un aumento del techo de oficinas, comercial y deportivo. Destaca el sector comercial, con un crecimiento del 4,5% anual, que pasó de los 5,7 millones de m² en 1999 a los 8,2 millones en 2007. El sector residencial también ha aumentado en aproximadamente 1,4 millones de m² su superficie.

2.1.5 - LOS FACTORES ECONÓMICOS

Barcelona está inmersa en un largo proceso de cambios demográficos y sociales que han transformado también su modelo económico. La ciudad mantiene una estructura económica diversificada, en contraposición con otras grandes metrópolis que dependen de forma crítica de uno o dos subsectores. Barcelona lidera la transformación terciaria de la economía catalana.

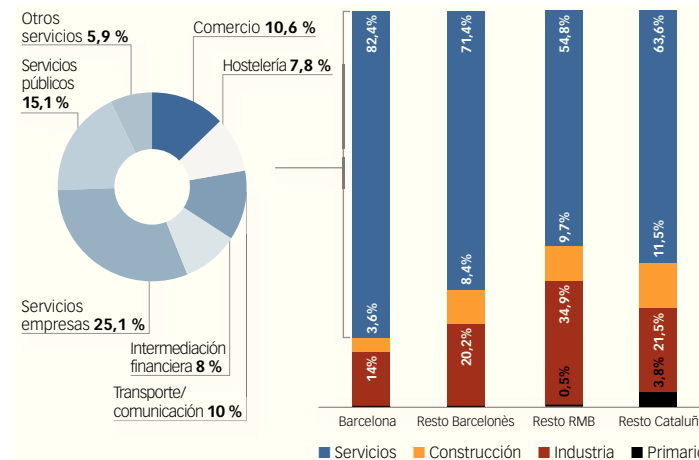
Los sectores económicos y el mercado laboral

Globalmente, destaca la importante presencia de los servicios empresariales, que aportan un 25% del sector terciario y más de un 20% del total de la economía de la ciudad. Los servicios hoteleros y comerciales son también característicos de este proceso de tercerización. En términos cuantitativos, el crecimiento del PIB en Barcelona se ha situado en una media del 2,5% entre 2001 y 2008, situándose en los 63.100 M€ en 2008. El PIB per cápita fue, en este mismo año, un 38% superior a la media catalana, hecho éste que indica el elevado grado de concentración de actividad en la ciudad.

A pesar del crecimiento del PIB, entre 1991 y 2006 Barcelona redujo su participación en la economía catalana del 36,5% al 29,2% debido a una mayor descentralización de la actividad productiva en toda Cataluña. Hay que apuntar, sin embargo, que en 2008, cuando ya se hacía evidente el cambio de coyuntura de ciclo económico, la comarca del Barcelonès fue la más dinámica, ya que creció un 1,7%, cuando el conjunto de Cataluña lo hizo en un 0,2%.

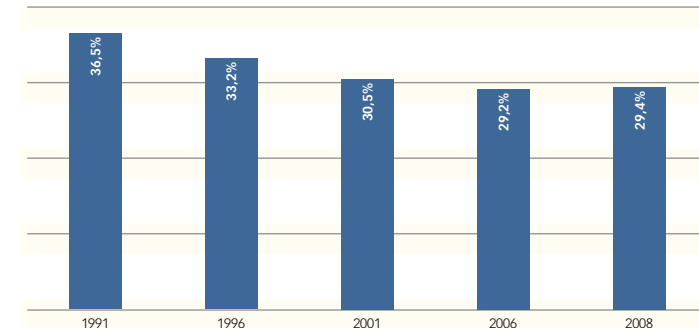
Si se analiza el grado tecnológico de las industrias y servicios, Barcelona es líder en tecnología y conocimiento, con un tejido industrial que posee un 10% de los puestos de trabajo de alta intensidad tecnológica y un 41% de intensidad media-alta. En el sector terciario se constata también la tendencia a la especialización en actividades, con un 5% de los servicios basados en alta tecnología y un 43% en el conocimiento.

FIGURA 25 | DISTRIBUCIÓN DEL PIB DE BARCELONA EN EL CONTEXTO CATALÁN (2008)



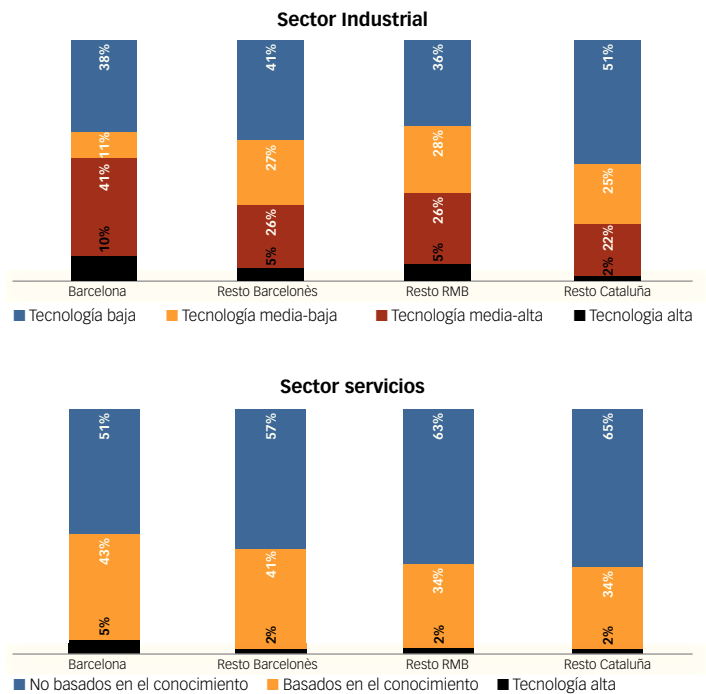
Fuente: Idescat y Catalunya Caixa

FIGURA 26 | EVOLUCIÓN DEL PESO DE BARCELONA EN LA ECONOMÍA CATALANA (1991-2008)



Fuente: Catalunya Caixa

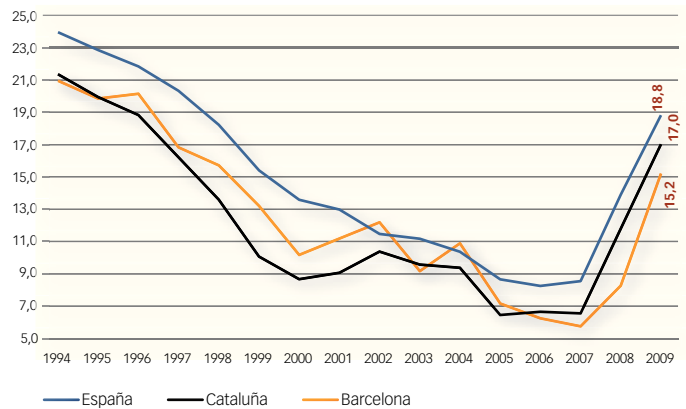
FIGURA 27 | DISTRIBUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES EMPRESARIALES POR INTENSIDAD TECNOLÓGICA (2009)



Fuente: Seguridad Social

Con respecto a la evolución de la ocupación, entre los años 2000 y 2007 el número de puestos de trabajo ubicados en Barcelona creció un 15%. De hecho, durante el primer semestre de 2008 se alcanzó una cifra próxima a los 1,1 millones, si bien la coyuntura económica actual ha comportado una reducción de esta cifra, que a finales de 2009 se situó en los 997.000.

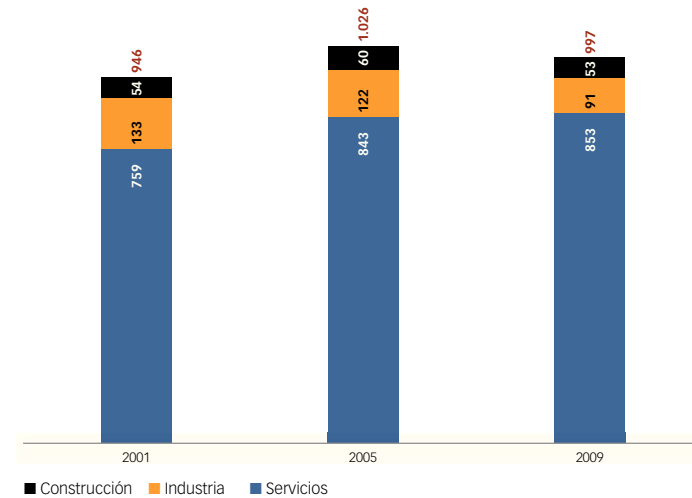
La tasa de paro se situó en un 15% de la población activa, valor inferior a la media catalana y muy por debajo de la española. La larga etapa de crecimiento económico supuso un descenso continuado de dicha tasa, que llegó a situarse en un 5,8% durante 2007, valor muy próximo a la plena ocupación.

FIGURA 28 | EVOLUCIÓN DE LA TASA DE PARO EN BARCELONA (1994-2009)

Fuente: Encuesta de Población Activa (EPA)

La crisis económica, sin embargo, ha traído un incremento del paro parecido al de Cataluña y España. El sector del transporte, los relacionados con los servicios sociales, sanitarios o educativos y, en general, los relacionados con los servicios públicos, son los que más han aumentado. Otro sector que también está incrementando su importancia es el de la hostelería y el de los servicios relacionados con la actividad turística en la ciudad.

En cambio, los servicios a las empresas, el sector más importante en la estructura productiva de la ciudad, y que había estado creciendo de forma significativa hasta 2007, se ha visto afectado por la coyuntura inmobiliaria. El comercio y los servicios personales se han visto condicionados por la caída de la demanda, mientras que el sistema financiero muestra sus dificultades y la necesidad de una reconversión.

FIGURA 29 | EVOLUCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO POR SECTORES EN BARCELONA (2001-2009)

Fuente: Seguridad Social

FIGURA 30 | EVOLUCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO INDUSTRIALES POR SECTORES PRODUCTIVOS (2002/2009)

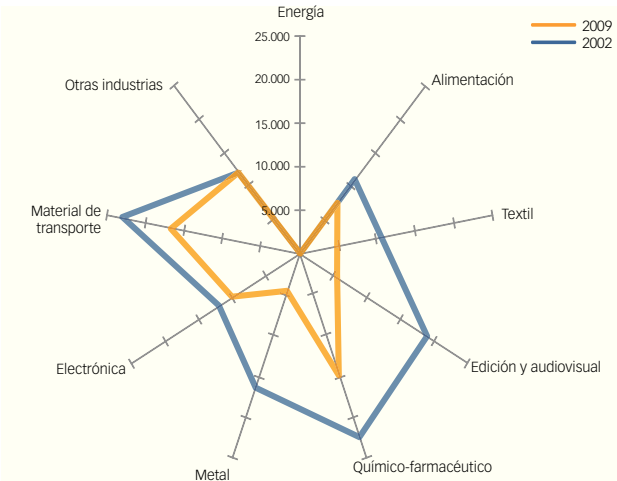
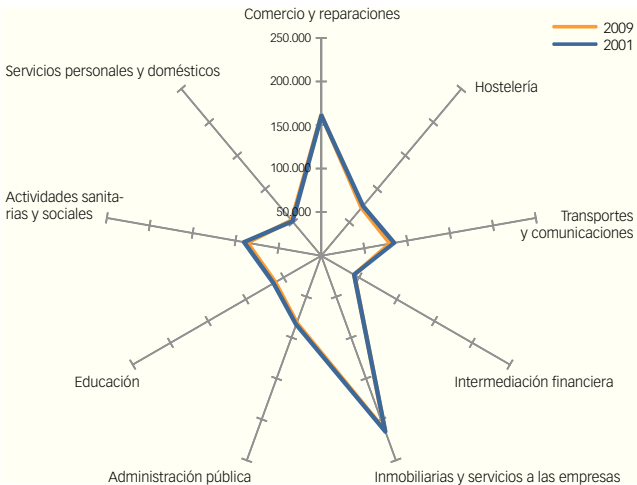


FIGURA 31 | EVOLUCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO TERCIARIOS POR SECTORES (2002/2009)



Fuente: IDESCAT y Seguridad Social

Esta evolución del mercado laboral ha comportado asimismo un aumento de la movilidad laboral. Barcelona atrae residentes de otros lugares, pero también es muy significativo el número de barceloneses que trabajan fuera de la ciudad. Tanto las entradas como las salidas por motivos laborales muestran un crecimiento progresivo del número de desplazamientos, hecho éste que repercute en el consumo de energía y las emisiones del transporte.

FIGURA 32 | EVOLUCIÓN DE LA MOVILIDAD LABORAL EN BARCELONA (1986-2008)

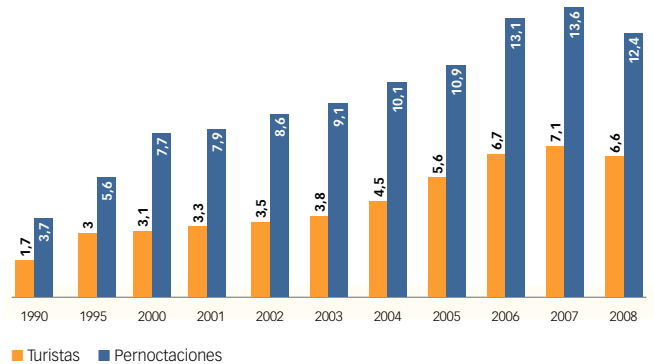
	Residentes que trabajan fuera de Barcelona	Viven y trabajan en Barcelona	Vienen a trabajar a Barcelona
2008	185.336	561.564	296.440
2001	143.616	501.803	264.095
1996	112.491	417.260	242.689
1991	102.801	521.129	240.036
1986	75.054	459.961	171.396

Fuente: IDESCAT

La actividad del sector turístico

El contexto económico y sociocultural de los últimos años ha favorecido la proyección internacional de la ciudad. Asimismo, el desarrollo de infraestructuras de transporte como el Aeropuerto, el puerto y el tren de alta velocidad han beneficiado el crecimiento de la demanda turística de Barcelona. La efervescencia de los transportes low cost en toda Europa, el incremento del número de viajes a escala mundial y la popularización de las estancias cortas en centros urbanos, son factores que han contribuido también al éxito turístico.

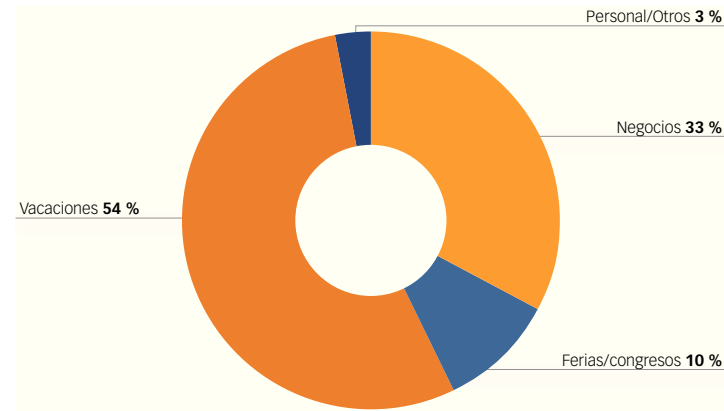
Si se analiza la evolución del número de viajeros y pernoctaciones en la ciudad, se observa que casi se ha cuadruplicado en los últimos 20 años, y se han potenciado otras formas de alojamiento como, por ejemplo, los apartamentos. Alrededor del 68% de las pernoctaciones turística en Barcelona corresponden a extranjeros, un 20% a personas que vienen del resto del Estado español y el 3% restante a catalanes.

FIGURA 33 | EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE VIAJEROS Y DE PERNOCTACIONES EN BARCELONA (1990-2008)

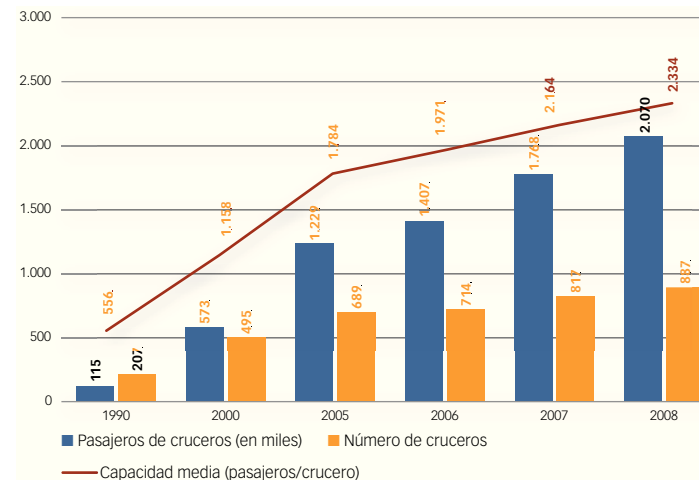
Fuente: Turismo de Barcelona

Destaca el equilibrio entre las pernoctaciones de ocio y las de negocio y congresos. Las primeras van muy ligadas al interés por la arquitectura y a los cruceros, mientras que una gran parte del turismo de negocios está relacionado con las ferias. En este sentido, Barcelona es la tercera ciudad del mundo en organización de congresos según la ICCA (International Congress and Convention Association), y la segunda en número de participantes. De manera aproximada, un 54% de los turistas que se alojan en hoteles de Barcelona lo hacen por vacaciones y el 33% por negocios, sin contar los viajeros por ferias y congresos, que representa un 10% más.

La aparición de nuevos segmentos turísticos como el de los cruceros, ha comportado también un aumento del número de visitantes, hasta el punto que Barcelona es actualmente el 5º puerto del mundo en número de cruceros. Esta tipología turística no conlleva alojamiento en la ciudad, pero su nivel de gasto comercial es alto, dado que se trata de visitantes con un nivel de renta medio/alto.

FIGURA 34 | MOTIVO DEL VIAJE DE LOS TURISTAS QUE SE ALOJAN EN HOTEL EN BARCELONA (2008)

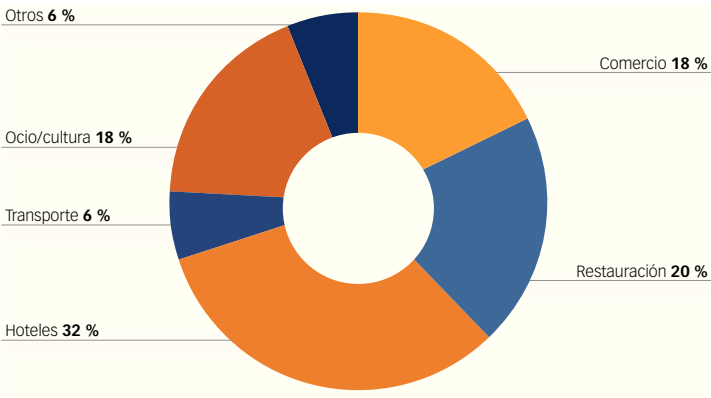
Fuente: Turismo de Barcelona

FIGURA 35 | EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE CRUCEROS Y PASAJEROS EN EL PUERTO DE BARCELONA (1990-2008)

Fuente: Turismo de Barcelona

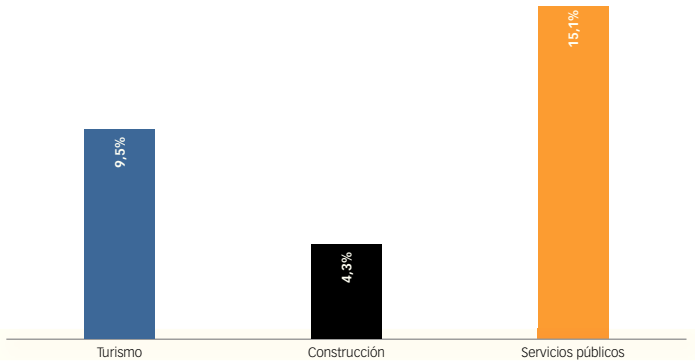
El turismo es una actividad transversal que influye sobre otros segmentos de producción, con un gran impacto sobre el comercio y las actividades de ocio y cultura, además del que ejerce sobre las relacionadas con la hostelería y la restauración. En la medida que el comercio ofrece servicios producidos por otros sectores industriales, el impacto positivo del turismo se extiende también a estos sectores. En este sentido, y de forma global, puede estimarse que el gasto turístico aporta alrededor del 9,5% del PIB de la ciudad⁴, por lo que tiene un gran peso en la economía de la ciudad.

FIGURA 36 | DISTRIBUCIÓN DEL TURISMO EN LOS SECTORES PRODUCTIVOS DE LA CIUDAD (2008)



Font: IDESCAT

FIGURA 37 | EL PESO DEL TURISMO EN LA ECONOMÍA DE BARCELONA (2008)



4. Para analizar el impacto económico de la actividad turística en Barcelona, se ha partido de diversas encuestas sectoriales, como las realizadas a los visitantes que llegan a Cataluña por el Departamento de innovación, Universidades y Empresas, los datos a nivel español a partir de la encuesta Egatur, y las procedentes del Índice de actividad turística que elabora la Universidad Autónoma de Barcelona.

2.1.6 - EL COMPORTAMIENTO SOCIAL

La investigación y las variables definidas

Las actitudes y hábitos individuales –y, por extensión, el comportamiento social–, tienen una gran influencia sobre el consumo racional de los recursos energéticos. Por este motivo, durante la elaboración del PECQ se ha llevado a cabo un estudio cualitativo⁵ para conocer con detalle la percepción social del vector energía a raíz de una propuesta de segmentación planteada en otros estudios cuantitativos previos⁶.

Dicho estudio identificaba y caracterizaba las necesidades, percepciones, motivaciones y actitudes con relación a la energía de distintos grupos de la población para conocer sus hábitos de consumo y su sensibilidad ambiental. Posteriormente, planteaba un conjunto de acciones o proyectos orientados a mejorar la gestión del consumo energético desde el propio comportamiento social.

Esta primera base estadística indicaba que, a nivel español, el 86% de los ciudadanos declaraban estar preocupados por el cambio climático, pero esta opinión no quedaba reflejada en su comportamiento posterior. En este sentido, se observaba un hecho parecido si se analizaba el mapa europeo de actitudes de consumo ciudadanas con respecto a los temas ambientales ya que, a pesar de que el Estado español parece ser uno de los países con una mayor conciencia ambiental es, en cambio, uno de los menos activos.

A partir de estos análisis estadísticos, se propusieron 6 segmentos de población según el comportamiento social con respecto al uso racional de la energía: concienciado, cómodo, dinámico, pasivo, antisistema y convencido. De esta propuesta de segmentación, se estimó que los cuatro primeros son mayoritarios (representan el 96% de la población), mientras

5. Creafutur: *Estudio del comportamiento social respecto la energía y Plan estratégico de información, educación y comunicación para el uso racional de la energía*. Barcelona, 2009. Encargo de la Agencia de Energía de Barcelona.

6. Creafutur: *Sostenibilidad y oportunidades de negocio y El futuro del consumidor de energía en la vivienda*. Barcelona, 2008

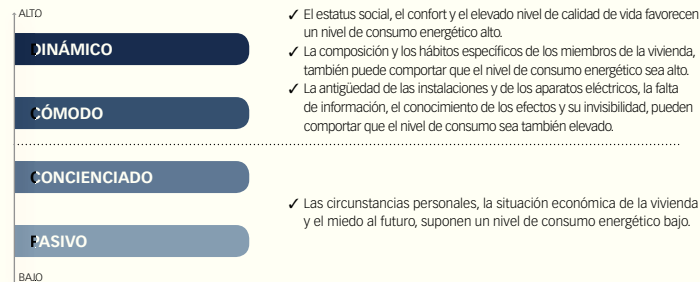
que los otros dos tenían un menor grado de representatividad en el conjunto de la ciudad. El estudio profundizaba en estos cuatro segmentos al considerar que representaban la mayoría de la población.

Las variables de comportamiento social utilizadas para posicionar los ciudadanos en función de su comportamiento con respecto al uso de la energía fueron dos: variable de consumo energético y variable de intencionalidad. La primera segmentaba la población según su nivel de gasto energético –además de los bienes y servicios relacionados–, identificando su capacidad de gasto y su predisposición al consumo de energía. La segunda analizaba el grado de conocimiento que cada segmento tenía de los problemas ambientales actuales, y sus actitudes frente a los mismos.

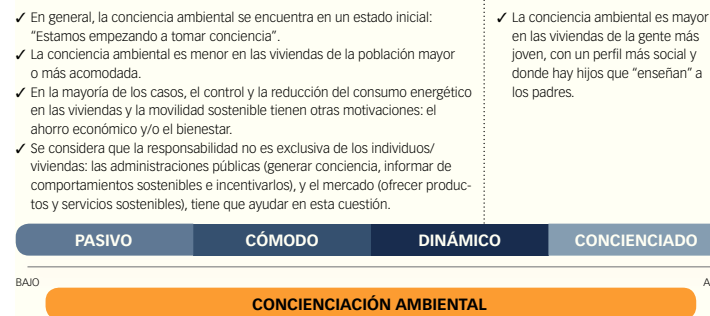
FIGURA 38 | VARIABLES DE COMPORTAMIENTO SOCIAL ESTUDIADAS

Variable de consumo energético

NIVEL DE CONSUMO GENERAL



Variable de intencionalidad



La investigación etnográfica

En el momento de definir medidas y políticas a impulsar que permitan el cambio de percepción con respecto al uso de la energía, se trabajó con ciudadanos de Barcelona que presentaban realidades económicas y sociales distintas. A partir de una encuesta realizada a distintas viviendas, se escogieron 8 asimilables a la caracterización antes comentada (por distritos):

- Vivienda “single” en el Barri Gòtic
- Vivienda de familia joven en Diagonal Mar
- Vivienda de pareja mayor sin hijos en Les Corts
- Vivienda viuda en el Eixample Dret
- Vivienda de pareja joven en Nou Barris
- Vivienda mono parental en Sants-Montjuïc
- Vivienda de jubilados en el Eixample Esquerra
- Vivienda de inmigrantes norteafricanos en Ciutat Vella

El estudio etnográfico se llevó a cabo en dos fases:

- **Diario de rutinas energéticas.** Las familias registraron el consumo energético de su vivienda (tomando como referencia dos días laborales y el fin de semana), e hicieron un inventario fotográfico de sus equipamientos.
- **Entrevista.** Una vez cumplimentado el diario y analizados los datos, un equipo de expertos realizó una serie de entrevistas en profundidad para conocer las actitudes y comportamientos de las personas con relación al consumo y al ahorro energético en su vivienda.

Los resultados de esta encuesta permitieron plantear unas determinadas prioridades de actuación.

Los segmentos de población

A partir los niveles de segmentación que se desprenden de los estudios estadísticos realizados, así como también de los resultados del estudio etnográfico, se realizó una caracterización de cada segmento⁷:

- **CONCIENCIADO (29%)**
 - Nivel adquisitivo medio, con un nivel cultural medio/alto y con edades comprendidas entre los 25 y los 35 años (generación del baby boom).
 - Se trata, en general de familias jóvenes con hijos pequeños, pero también estudiantes que comparten piso u otros jóvenes profesionales.
 - Los valores y aspectos fundamentales son la familia, la amistad, el futuro, así como mejorar el ámbito local (antes que el global).
 - Conciencia ambiental alta. Muestran interés por el medio ambiente y su impacto, y les gustaría saber más. Cambiarían fácilmente su estilo de vida para ser más “sostenibles” si supieran cómo hacerlo y cuál sería el impacto. También estarían dispuestos a pagar más por una energía limpia.
 - Consumo energético medio/bajo. Los que tienen un consumo medio les gustaría consumir menos si les enseñarán cómo hacerlo.
- **CÓMODO (27%)**
 - Segmento formado por familias con un nivel adquisitivo medio/alto, y con un nivel cultural variable.
 - Mayoritariamente, son familias con padres de 40 a 60 años, con hijos mayores que tanto pueden continuar viviendo en casa como estar emancipados.
 - Se estima que en 2020 este segmento representará sólo el 17% de los ciudadanos⁸.

7. Debe decirse que una parte de las definiciones propuestas por los autores fueron realizadas en un contexto previo a la crisis económica, por lo que éste puede haber modificado ciertos comportamientos asociados, así como la inclusión de ciertas tipologías de población en los segmentos considerados.

8. Creafutur: *Sostenibilidad y oportunidades de negocio y El futuro del consumidor de energía en la vivienda*. Barcelona, 2008

- Les preocupa aquello que los afecta personalmente a ellos o a su familia, y no sacrificarían confort. Los aspectos más apreciados son materialismo, estatus social, individualismo, y piensan que resolver los problemas del mundo es responsabilidad de los políticos. Sin embargo, es uno de los segmentos de edad más proclive a cumplir el marco normativo.
 - Conciencia ambiental baja. Poco interés al respecto. Poca disponibilidad a realizar cambios en sus hábitos de consumo.
 - Nivel de consumo energético medio/alto para garantizar su confort.
- **DINÁMICO (23%)**
 - Tienen un nivel adquisitivo medio/alto, con un nivel cultural también medio/alto.
 - En este segmento de población hay personas entre 35 y 55 años, y pueden haber familias profesionales directivas o cargos intermedios, jóvenes profesionales (con un bagaje académico y/o laboral internacional), que están viviendo solos, en pareja y con o sin niños.
 - Se espera un crecimiento de hasta el 27% de este segmento durante los próximos 10 años⁹.
 - Son conscientes del gasto energético, pero no les parece elevado. Los aspectos más apreciados son flexibilidad, comunicación, simplicidad, novedad y estatus, cambiar el mundo y mejorarlo.
 - Conciencia ambiental media/alta. Conocen el impacto de su estilo de vida, pero no sacrifican sus estándares de confort.
 - Nivel de consumo energético alto. Tienen una alta movilidad y un uso intensivo de aparatos de entretenimiento y telecomunicaciones.
 - **PASIVO (17%)**
 - Se prevé que este segmento vaya reduciendo su presencia hasta el 12% en 2020¹⁰. Sin embargo, al incluir los jubilados y pensionistas, puede tender a incrementarse debido al envejecimiento de la población.

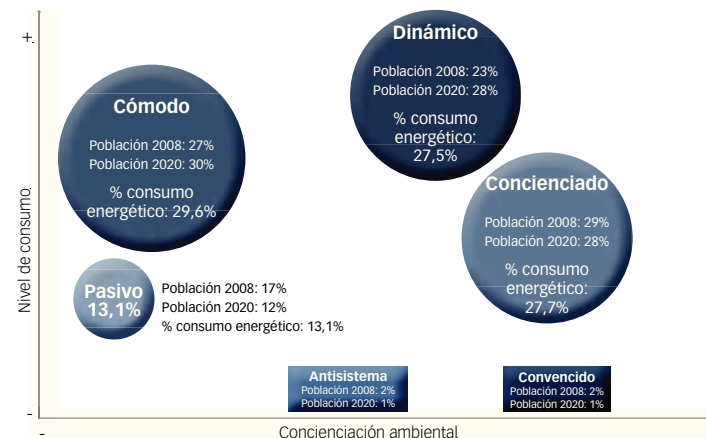
9. Creafutur: *Sostenibilidad y oportunidades de negocio y El futuro del consumidor de energía en la vivienda*. Barcelona, 2008.

10. Creafutur: *Sostenibilidad y oportunidades de negocio y El futuro del consumidor de energía en la vivienda*. Barcelona, 2008.

- Suele ser un segmento formado por familias de nivel adquisitivo bajo, con un nivel cultural variable. Incluye jubilados con pensiones bajas, personas en el paro o familias con algún miembro en el paro, familias monoparentales, jóvenes con pocos recursos y ciertos colectivos de inmigrantes.
 - Las personas de este segmento son muy conscientes de lo que pagan, consideran que el coste de la energía es elevado y les gustaría gastar menos. Sin embargo, son el segmento que menos energía consume. Los valores y aspectos fundamentales son la familia y la comunidad, el trabajo, el sacrificio y el ahorro.
 - Conciencia ambiental baja. Les sería muy difícil cambiar el estilo de vida actual si no obtienen un beneficio económico, en ciertos casos más por motivaciones de precariedad económica que por falta de voluntad.
 - Nivel de consumo energético bajo, debido fundamentalmente a su bajo nivel adquisitivo (y a su control del gasto), y/o a un estilo de vida tranquilo.
- **ANTISISTEMA (2%) y CONVENCIDO (2%)**

Estos segmentos no fueron incluidos en el posterior estudio etnográfico, ya que representaban un porcentaje reducido del total. Por tanto, cualquier medida que vaya orientada a ellos comportará impactos reducidos sobre el conjunto de la población.

FIGURA 39 | GRÁFICO DE POSICIONAMIENTO CON RESPECTO AL NIVEL DE CONCIENCIACIÓN Y DE CONSUMO ENERGÉTICO DE CADA UNO DE LOS SEGMENTOS



Las prioridades de actuación

El estudio de comportamiento detecta que se debería actuar globalmente sobre el conjunto de la ciudadanía, pero son los segmentos Còmodo y Dinámico los que tienen un mayor potencial de reducción del consumo energético.

- Las líneas básicas identificadas para estos segmentos, y que consideren un conjunto de medidas y proyectos a desarrollar en los próximos años, son las siguientes:
- Informar sobre el impacto ambiental que tiene el consumo energético del sector doméstico y la movilidad ciudadana. Existe un porcentaje significativo de la población que no es consciente de dicho impacto.
- Poner en evidencia el ahorro económico de los usos racionales de la energía, tanto desde la acción del ciudadano (no derrochar la energía), como desde la eficiencia tecnológica. Potenciar en las escuelas el papel de los niños y jóvenes para transmitir a los padres la conciencia ambiental y el uso racional de la energía.
- Potenciar las herramientas de apoyo o los servicios de asesoramiento personalizado de ahorro energético/económico en las viviendas. Se pueden desarrollar instrumentos de monitorización y visualización, e incentivar la participación de las empresas de instaladores, de las compañías de seguros, de los profesionales de las reformas o de los suministradores de energía para que incorporen la figura del asesor de ahorro energético.
- Para fomentar la conciencia ambiental se ha constatado que existe una demanda general de “visualización de los resultados”, de lo que se hace bien, de lo que se hace mal y de los efectos que las acciones individuales tienen sobre el medio ambiente. Por tanto, es necesario un trabajo pedagógico y de feedback con ejemplos, experiencias, evidencias y hechos para ayudar a tomar una mayor conciencia. En cualquier caso, es necesario obtener datos (consumos de vivienda tipos, etc.) que sirvan de referencia y puedan transmitirse adecuadamente para que los usuarios tengan con qué comparar.

El PECQ marca una clara diferencia con respecto a estudios anteriores en lo que concierne a la caracterización del parque móvil de Barcelona, ya que no ha asumido la premisa de que el parque circulante es equivalente al censado.

2.1.7 – EL PARQUE MÓVIL

La metodología de análisis

El consumo energético del transporte viario, y las emisiones asociadas, se tienen que determinar de forma indirecta. Éste es un hecho diferencial con respecto a otros sectores, cuyos datos se pueden conocer de forma directa mediante las lecturas reales de las acometidas de suministro energético.

Para que dicha estimación sea lo más aproximada posible es imprescindible tener información detallada sobre las características de los vehículos (potencia, combustible, tipología, antigüedad), las velocidades medias de circulación y el número de kilómetros recorridos por el conjunto del parque móvil. El análisis de estos datos se lleva a cabo mediante metodologías estándares reconocidas por la Unión Europea, como la CORINAIR/COPERT¹¹ (CORE INVENTORY AIR emisiones).

Esta metodología tiene como objetivos:

- Conocer la composición aproximada del parque móvil mediante una muestra representativa.
- Mejorar el cálculo del consumo energético y las emisiones de GEI asociadas a dicho parque.
- Mejorar el cálculo de emisiones contaminantes locales asociadas también a dicho parque.

El PECQ marca una clara diferencia con respecto a estudios anteriores en lo que concierne a la caracterización del parque móvil de Barcelona, ya que no ha asumido la premisa de que el parque circulante es equivalente al censado. El estudio detallado del parque circulante ha demostrado, en efecto, que es muy distinto al censado; el primero es más nuevo, aspecto éste muy importante a la hora de plantear políticas realmente efectivas. El

11. Metodología desarrollada por el *European Council of Ministers* en 1985 en el marco del programa de la UE para ayudar a los estados miembros a realizar inventarios de emisiones. CORINAIR proporciona distintos factores de emisión de contaminantes para diferentes tipologías de vehículos, antigüedades y potencias. La última versión actualizada es del año 2009.

procedimiento aplicado ha permitido asimismo determinar de forma empírica las emisiones de los tubos de escape de los vehículos registrados, y comparar los datos obtenidos con los factores de emisión de CORINAIR.

El PECQ identifica de esta forma los segmentos más emisores del transporte viario, lo que permite tener una perspectiva más correcta a la hora de decidir la estrategia a implementar para mejorar la calidad del aire y, sobre todo, de impulsar medidas más efectivas por parte de las administraciones competentes.

El inventario de emisiones reales de los vehículos que circulan por Barcelona se llevó a cabo mediante un estudio realizado en 16 puntos viarios de la ciudad durante 32 días de los meses de mayo y junio de 2009. A partir de la lectura de placas de matrícula de unos 42.000 vehículos se determinó con gran exactitud el parque circulante real de vehículos y sus emisiones contaminantes, ya que los datos de la matrícula permiten conocer la tipología del vehículo, sus características técnicas o el municipio de residencia del propietario.

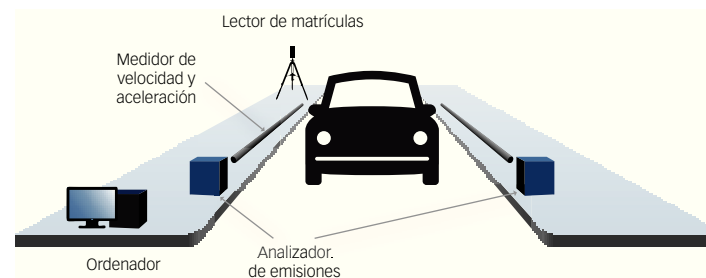
Para la elaboración del estudio se utilizó también un sistema de detección de emisiones de los tubos de escape llamado RSD (Remote Sensing Device) que, a diferencia de los sistemas On Board, no es intrusivo, ya que registra los datos sin modificar la velocidad ni la aceleración de los vehículos. El sistema RSD aplica al vehículo una luz infrarroja y ultravioleta para detectar las emisiones de manera instantánea, lo que permite recopilar miles de registros en pocas horas. El RSD fue desarrollado en los años noventa del siglo pasado en los Estados Unidos, y desde entonces se viene utilizando en países como Austria, Japón, Reino Unido o Singapur, entre otros. El sistema está validado y certificado por el Bureau Automotive Research de California.

Para reforzar la recogida de información, se instalaron también en los puntos de medición unos sensores de velocidad y aceleración que permitían asociar las emisiones a las condiciones instantáneas a las que circulaba cada vehículo para poder realizar las comparaciones entre ellos (la medición de las emisiones de contaminantes y partículas -PM, CO, HC, NO_x- se realiza en términos relativos con respecto a las de CO₂). Los registros de

las matrículas fueron procesados por la Dirección General de Tráfico con el fin de obtener las especificaciones de cada vehículo (tipo, potencia, antigüedad, combustibles y municipio de procedencia).

De los 16 puntos instalados, 14 registraron datos sobre la circulación viaria, mientras que los otros dos lo hicieron de flotas de vehículos como la de taxis y camiones que acceden al Puerto de Barcelona. Asimismo, se analizaron los registros de los vehículos que utilizaron los aparcamientos públicos municipales o el peaje de entrada a Mercabarna. El objetivo era determinar si la tipología de vehículos que utilizaban los aparcamientos y la de las furgonetas eran representativas de los vehículos que circulaban por la ciudad.

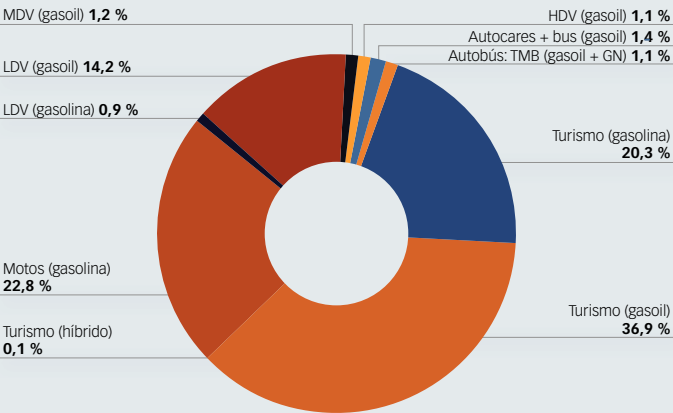
FIGURA 40 | ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA RSD



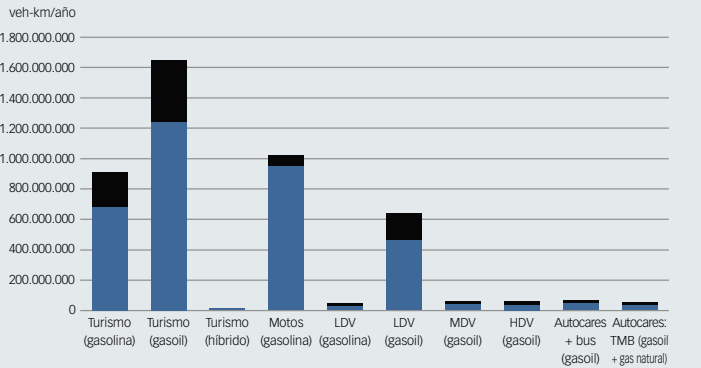
EL PERFIL DE LOS VEHÍCULOS

- El tipo mayoritario de vehículo es el turismo de gasoil (incluidos los taxis), que representa el 36,9% de la circulación en la ciudad y las rondas.
- El turismo de gasolina representa un 20,3% de los 4.439 millones de veh-km que se recorrieron en 2008.
- El porcentaje de motos y ciclomotores es del 22,8%.
- El 14,2% de la circulación corresponde a furgonetas de gasoil (*Ligth Duty Vehículo* o LDV: vehículo comercial ligero con una masa máxima autorizada inferior a 3,5 t.
- Estos cuatro segmentos suman el 94,2% del total de la circulación viaria.

FIGURA 41 | DISTRIBUCIÓN DE LA CIRCULACIÓN VIARIA EN BARCELONA CIUDAD Y LAS RONDAS, POR TIPO VEHÍCULO (2008)



TIPOLOGÍA	Ciudad veh-km/año (2008)	Rondas veh-km/año (2008)	Ciudad + Rondas veh-km/año (2008)
Turismo (gasolina)	679.249.493	219.942.316	899.191.809
Turismo (gasoil)	1.236.854.185	400.495.809	1.637.349.994
Turismo (híbrido)	3.962.371	1.283.024	5.245.395
Motos (gasolina)	949.525.520	62.235.838	1.011.761.364
LDV (gasolina)	29.923.962	10.711.511	40.635.473
LDV (gasoil)	464.690.181	166.339.397	631.029.578
MDV (gasoil)	40.787.069	14.600.043	55.387.112
HDV (gasoil)	36.374.250	13.020.441	49.394.691
Autocares+Bus (gasoil)	49.622.009	11.760.981	61.382.990
Autobus: TMB (gasoil+gas natural)	38.622.700	9.154.020	47.776.720
TOTAL	3.529.611.742	909.543.378	4.439.155.126



- LA ANTIGÜEDAD MEDIA DE LOS VEHÍCULOS

La caracterización del parque móvil revela que la antigüedad media de los vehículos que circulan por la ciudad es de 5,7 años. En este sentido, si se compara el parque censado con el parque circulante se concluye lo siguiente:

- La antigüedad media del parque circulante de turismos (5,53 años) es inferior a la del parque censado de la ciudad (9,13 años). Esto indica, probablemente, que los vehículos más antiguos circulan menos que los más nuevos (los conductores que circulan más son los que habitualmente renuevan antes su vehículo).
- Esta diferencia es más relevante en el caso de los vehículos pre-EURO –tanto los de gasoil como los de gasolina-, ya que el parque censado incluye más de un 20% de turismos pre-EURO, mientras que los vehículos que circulan pre-EURO son sólo el 1,8% de los turismos.
- La antigüedad media de los taxis es de 3,4 años, y la de los camiones que acceden al Puerto de Barcelona de 6,5 años.

La clasificación de la antigüedad de los vehículos según el combustible utilizado muestra que los de gasolina son más antiguos que los de gasoil, con una media de 7,58 años. Esto probablemente está relacionado con el hecho de que los usuarios particulares o las empresas prefieren adquirir vehículos diesel con la intención de utilizarlos de manera más habitual, así como con el abaratamiento de la tecnología, que la hace más accesible. Es decir, se trata de vehículos que recorren generalmente más kilómetros que los de gasolina, por lo que también se acercan más rápidamente al final de su ciclo de vida útil o período de amortización.

FIGURA 42 | ANTIGÜEDAD MEDIA DE LOS VEHÍCULOS QUE CIRCULAN POR BARCELONA (2008)

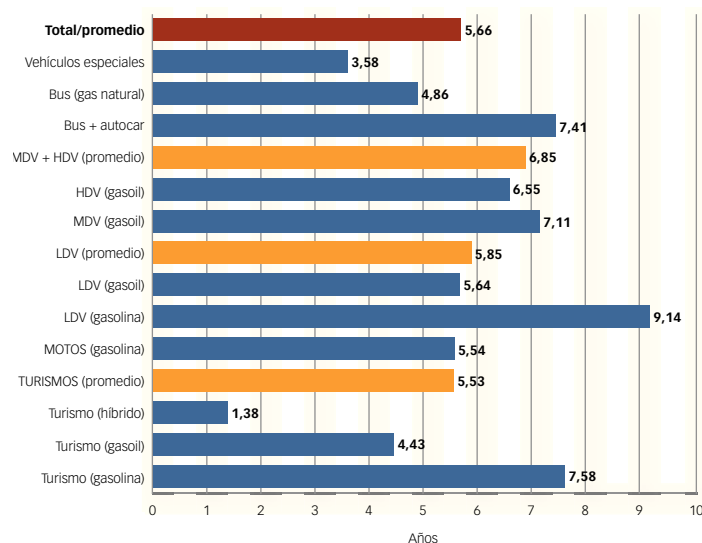


FIGURA 43 | ANTIGÜEDAD MEDIA DE LOS VEHÍCULOS QUE CIRCULAN POR BARCELONA (2008)

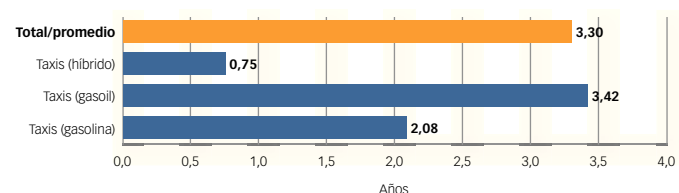
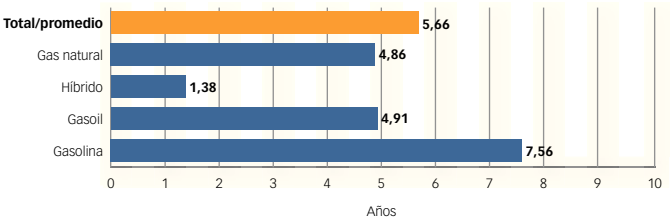


FIGURA 44 | ANTIGÜEDAD MEDIA DE LOS VEHÍCULOS QUE CIRCULAN POR BARCELONA (2008), POR TIPO DE COMBUSTIBLE



Según la clasificación EURO¹², el 67,2% del tráfico está constituido por vehículos EURO IV y EURO III. Son, generalmente, vehículos fabricados en el año 2000 o posteriores (excepto en el caso de las motos, para las que la norma EURO III es aplicable desde el año 2006). El 39,2% son vehículos EURO IV puestos en circulación en 2005 o posteriores (a excepción también de las motos, que actualmente no tienen clasificación EURO IV porque la última norma aplicable es la EURO III). El 28% corresponde a la EURO III, vehículos fabricados entre 2000 y 2004 (excepto en el caso una vez más de las motos, ya que la norma EURO III se aplica desde 2006). Los vehículos EURO II, por su parte, representan un 13,6% del tráfico, los EURO y un 6,3% y los pre-EURO el 12,5%. Los EURO V eran todavía testimoniales en 2009, con un 0,4%, ya que durante estos años era sólo aplicable a los autobuses y camiones, y no a los turismos, furgonetas y motos.

12. Norma europea sobre emisiones de contaminantes locales (NO_x, HC, CO y partículas) que regula los límites aceptables para las emisiones de gases de combustión de los vehículos nuevos que se venden en los estados miembros de la Unión Europea. La normativa EURO I es la más antigua –y, por tanto, la menos restrictiva. Anteriormente, existían las normas pre-EURO-. Las EURO V y la futura EURO IV son las más restrictivas, ya que exigen un nivel todavía menor de emisiones contaminantes por kilómetro recorrido. Las medidas se elaboran según un ciclo de conducción estándar definido a nivel europeo.

FIGURA 45 | DISTRIBUCIÓN DE LOS VEHÍCULOS QUE CIRCULAN POR BARCELONA CIUDAD Y LAS RONDAS, POR CLASIFICACIÓN EURO (2008)

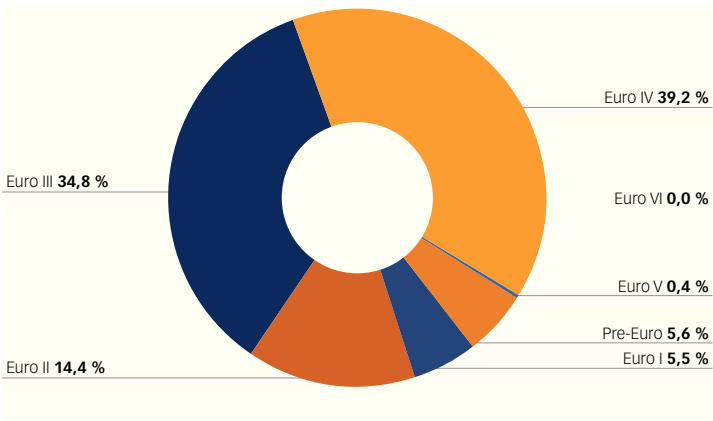
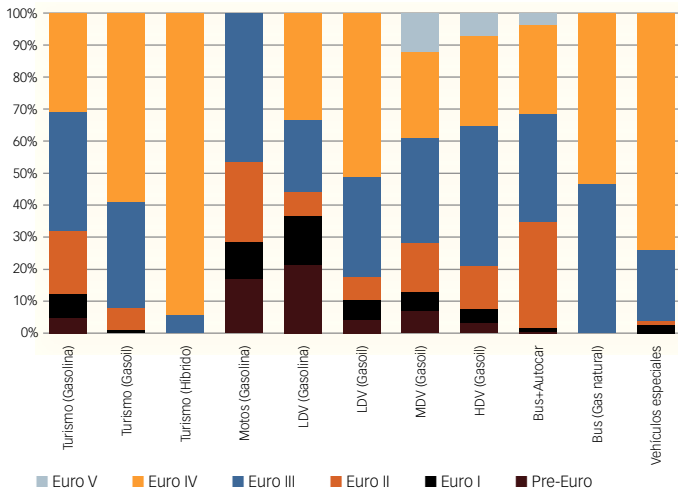


FIGURA 46 | CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS QUE CIRCULAN PER BARCELONA CIUDAD Y LAS RONDAS, SEGÚN LA NORMATIVA EURO, POR TIPOLOGÍA DE VEHÍCULO (2008)

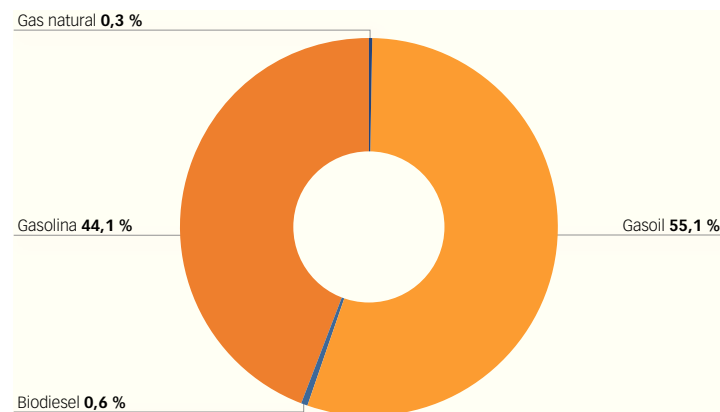


▲ La tipología de vehículos con un mayor porcentaje EURO II o anterior son las furgonetas (LDV) de gasolina, con un 44,2%. Los autobuses y autocares representan el 34,7%, y los turismos gasolina, el 32,1%.

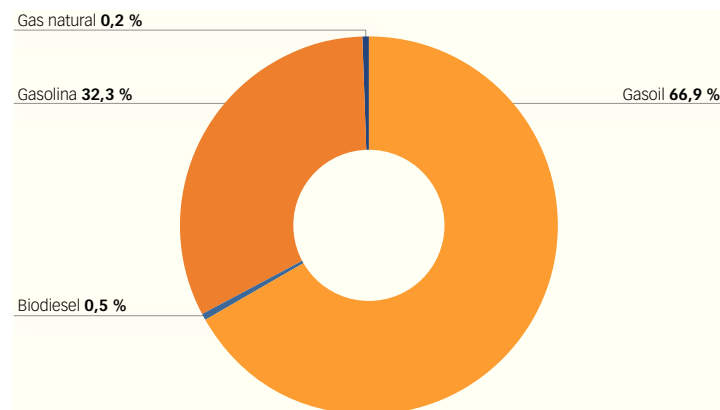
- EL TIPO DE COMBUSTIBLE UTILIZADO

El combustible predominante en 2008 era el gasoil, con un 55,1% de los kilómetros recorridos, mientras que la gasolina representaba el 44,1%, el gas natural el 0,3% y el biodiesel el 0,6%. Esta distribución era completamente distinta en el caso de los vehículos que circulaban por las rondas de Barcelona, ya que el menor número de motos y la prohibición de circular ciclomotores se traducía en un incremento de la proporción de vehículos gasoil hasta alcanzar el 66,9%.

FIGURA 47 | DISTRIBUCIÓN DE LOS VEHÍCULOS QUE CIRCULAN PER BARCELONA CIUDAD Y LAS RONDAS (ARRIBA) Y SÓLO POR LAS RONDAS (DEBAJO), POR TIPO DE COMBUSTIBLE (2008)



▲ Circulación viaria: 14.439,16 Mveh-km/año



▲ Circulación viaria: 909,54 Mveh-km/año

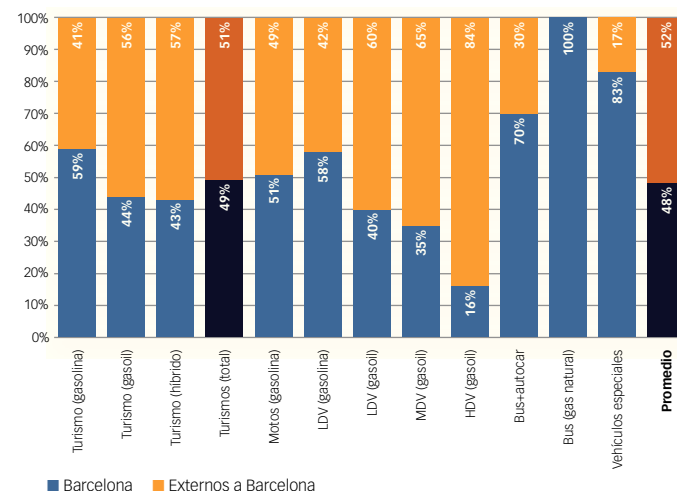
• LA PROCEDENCIA DE LOS VEHÍCULOS

La procedencia real del vehículo no tiene porqué coincidir en todos los registros con el municipio donde éste reside, si bien la consistencia de los datos –y el error implícito que tiene cualquier muestra o base de datos–, lleva a pensar que los resultados son bastante consistentes y fieles a la realidad.

En este sentido, las conclusiones que se extraen del estudio realizado son las siguientes:

- El 52% de los vehículos que circulan por Barcelona proceden de otros municipios, y el 49% de los turismos que circulan en días laborables están censados en la ciudad.
- Los vehículos de gasolina son los que mayoritariamente son propiedad de ciudadanos de Barcelona, en un 59% de los casos. Los de gasoil, lo son en un 44%. Esta diferencia tiene sentido si se considera que los conductores que optan por el gasoil son los que más kilómetros recorren al año; por tanto, proceden en su mayoría de fuera de Barcelona ciudad.
- Con respecto a las furgonetas, la proporción es similar a la de los turismos: 58% vehículos de gasolina y 40% de gasoil.
- En cambio, todos los camiones medianos y grandes de reparto (de más de 12 t) son diesel, y sólo el 35% y 16%, respectivamente, son de Barcelona. Hay que tener en cuenta que muchas empresas de logística tienen sus almacenes en zonas industriales situadas fuera de la ciudad.
- Un 70% de los autobuses y autocares de gasoil (una de las flotas más antiguas de la ciudad) están matriculados en Barcelona, mientras que el 100% de los autobuses de gas natural también lo están censados, ya que forman parte de la flota de TMB.

FIGURA 48 | CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS SEGÚN LA PROCEDENCIA, POR TIPOLOGÍA (2008)



2.2 - El consumo de energía

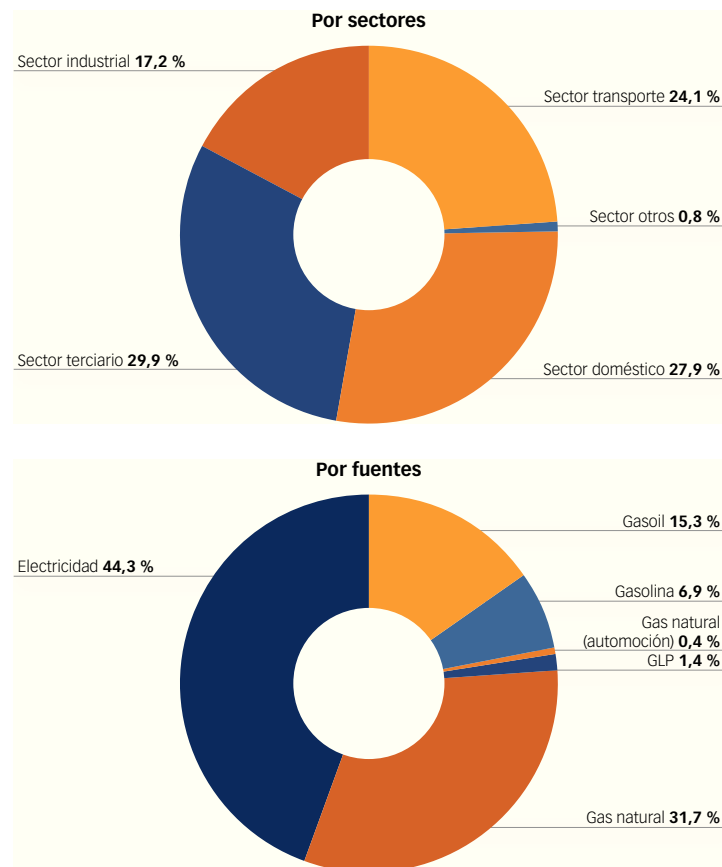
2.2.1 - EL CONSUMO DE ENERGÍA FINAL

En 2008, Barcelona consumió 17.001,78 GWh de energía final¹³. Esta cantidad se consumió prácticamente a partes iguales entre el sector terciario, con un 29,9%, el sector doméstico o residencial, con un 27,9%, y el sector transporte, con un 24,1%. El resto, la consumieron el sector industrial, en un 17,2%, y otros sectores (primario, energético, construcción y obras públicas), en un 0,8%.

Por fuentes de energía, un 44,5% del consumo correspondió a electricidad, un 31,8% a gas natural, y el resto a gasoil (15,4%), gasolina (7,0%) y gases licuados del petróleo o GLP (1,4%). También se consumió energía térmica generada directamente mediante sistemas solares, aunque al tratarse de un porcentaje muy reducido (cerca al 0,3%, pero muy importante en el global del consumo de energía destinada a agua caliente sanitaria) su aportación no queda reflejada en el gráfico correspondiente.

Esta cifra de consumo representó el 1,38% del total de España en el año 2008.

FIGURA 49 | CONSUMO DE ENERGÍA EN BARCELONA (2008)



Fuente: ICAEN y Repsol

¹³. Esta cifra incluye el consumo de la Planta de tratamiento de lodos de la Estación depuradora de aguas residuales Metrofang, pero no la energía generada con sistemas solares térmicos. Si se considera sólo el consumo del tratamiento de lodos proporcional al uso que hace Barcelona de esta instalación de tratamiento de aguas residuales, el consumo de energía final de la ciudad en 2008 habría sido de 16.896,6 GWh, más los 52,405 GWh que se generaron (según su estima) este año directamente por medio de la energía solar térmica.

La ratio de consumo por habitante en 2008 fue de 10,52 MWh/hab, valor inferior al del conjunto de España, que ascendió a 25,47 MWh/hab. A la hora de comparar estos datos debe tenerse en cuenta, sin embargo, que las características biogeográficas y urbanísticas de Barcelona (ciudad compacta y mediterránea) hacen que el consumo por habitante sea muy inferior al de otras ciudades.

Si se observa en perspectiva el consumo de Barcelona, la tendencia de los últimos años ha sido claramente al alza, con una tasa de crecimiento media anual del 0,91% (período 1999-2008).

TABLA 7 | CONSUMO DE ENERGÍA FINAL EN BARCELONA (1999/2008)

Consumo de energía final en Barcelona		
	1999 [GWh]	2008 [GWh]
Total	15.664,78	17.001,78
Total por habitante	10,42 MWh/hab	10,52 MWh/hab

Si se observa en perspectiva el consumo de Barcelona, la tendencia de los últimos años ha sido claramente al alza, con una tasa de crecimiento media anual del 0,91% (período 1999-2008). Se pasó de consumir 15.664,78 GWh¹⁴ de energía final en 1999 a 17.001,78 GWh en 2008 (incluyendo el consumo eléctrico, de gas natural, GLP y petróleo de automoción).

EL ORIGEN DE LA ENERGÍA FINAL

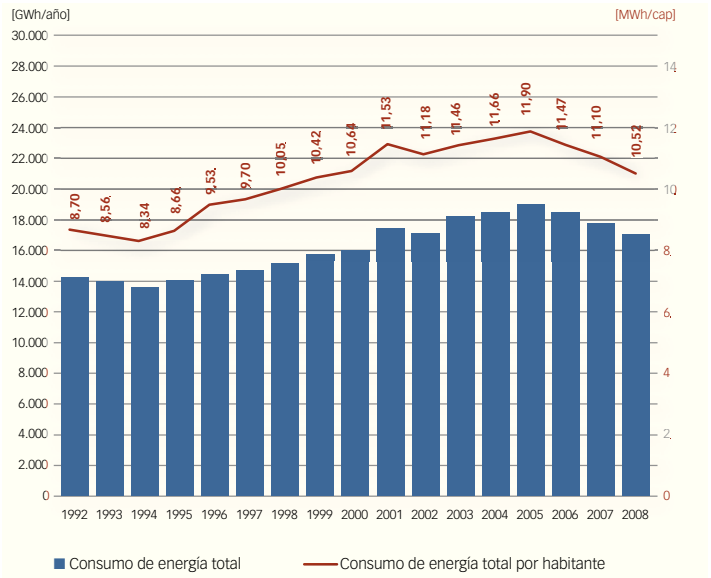
La electricidad es una forma de energía final, ya que se genera mediante otras fuentes energéticas. Si se considera el mix eléctrico de Cataluña de 2008, la electricidad que se consumió en Barcelona este año tenía su principal origen en centrales nucleares (54,1%) y en centrales térmicas de ciclo combinado (22,8%). En el caso de España, predominaba el carbón, la energía nuclear y también los ciclos combinados.

No obstante, el origen de la energía final consumida en Barcelona varió de forma notable en el período 1999-2008. Con relación a los carburantes, mientras que la gasolina redujo su proporción de consumo en 8 puntos con respecto a 1999, el consumo de gasoil se incrementó en casi 7 puntos debido al incremento del parque de vehículos diesel. Globalmente, el consumo de petróleo de automoción se redujo del 23,8% de energía final (1999) al 22,2% (2008), porcentaje al que debe sumarse el 0,4% de gas natural de automoción.

Con respecto al resto de fuentes de energía, destaca el gran aumento del peso de la electricidad en el total del consumo (del 37,2% al 44,3%), y el decremento del peso del gas natural (del 36,4% al 31,7%) y los GLP (del 2,6% al 1,4%).

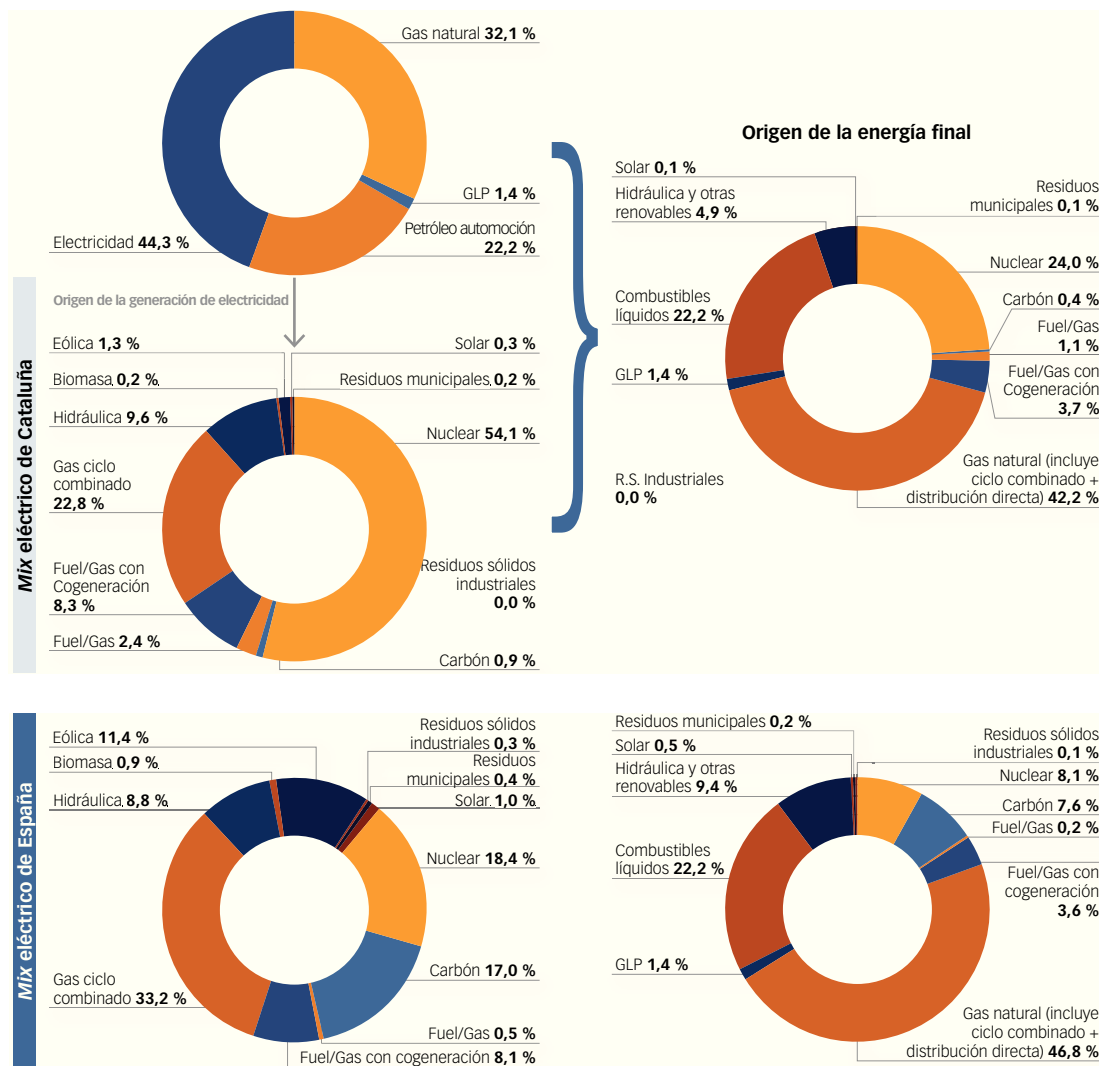
No obstante, este aumento no ha sido sostenido en el tiempo. Hasta el año 2005 no se dieron tasas de crecimiento anuales por encima del 3%, pero a partir de este año el consumo se fue reduciendo de forma notable, con tasas del -4,03% anual. Paralelamente, el consumo por habitante se incrementó en el período 1999-2008 a razón de una tasa anual media del 0,119% (inferior al 2,24% del período 1999-2005), hasta alcanzar los 10,52 MWh/hab en 2008.

FIGURA 50 | EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE BARCELONA (1992-2008)



Fuente: ICAEN

14. El valor histórico de consumo de energía para 1999 fue de 15.902,9 GWh, pero a raíz de la introducción de cambios en la metodología de cálculo en 2008 esta cifra se ha recalculado para mantener la coherencia. Esta modificación responde a la diferencia observada entre el parque de vehículos censado y el parque de vehículos que realmente circula per Barcelona, por lo que se han adaptado los consumos calculados históricamente del petróleo de automoción de forma proporcional a dicha diferencia.

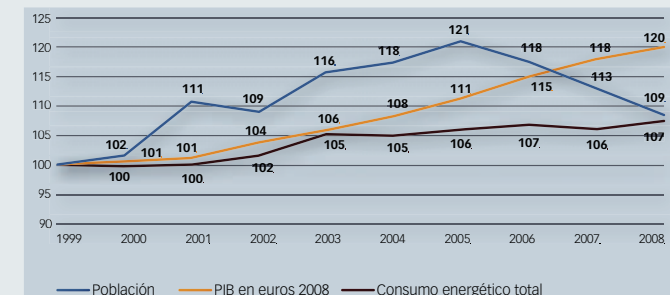
FIGURA 51 | ORIGEN DE LA ENERGÍA FINAL EN ESPAÑA Y CATALUÑA (2008)

Fuente: ICAEN

ENERGÍA Y PRODUCTO INTERIOR BRUTO

El crecimiento del consumo de energía ha evolucionado de forma similar al aumento del Producto Interior Bruto (PIB) hasta 2005, año en el que dicho consumo experimenta un cambio de tendencia. El incremento de la población, en cambio, no parece afectar al alza la evolución del consumo. En todo caso, las razones de este cambio de tendencia hay que encontrarlas en la reducción del consumo de petróleo de automoción y, sobre todo, de gas natural.

La intensidad energética —es decir, la cantidad de energía por unidad de producto o servicio— en el período 1999-2008 ha ido reduciéndose a razón de una tasa anual de -1,11%, hasta alcanzar un valor actual de 269,44 Wh/€. Esta reducción responde, fundamentalmente, al hecho de que el PIB creció mucho durante estos años. Se trata de una tasa muy positiva, por encima de los valores de reducción del conjunto de España (-1,01% entre los años 1999-2008, según el informe *Energía en España* del MITC, 2009) y del conjunto también de Europa (-1,03%, 1999-2005).

FIGURA 52 | EVOLUCIÓN DE ENERGÍA Y PIB DE BARCELONA (1999-2008)

2.2.2 - EL CONSUMO POR SECTORES

Las tendencias sectoriales

El incremento del consumo de energía en Barcelona entre los años 1999 y 2008 puede explicarse por diversas razones, distintas para cada sector. Esta evolución permite visualizar también el cambio en la estructura económica de la ciudad en estos últimos años.

- **EL SECTOR DOMÉSTICO** consumió 4.749 GWh en 2008, valor ligeramente superior al de 1999, que fue de 4.556 GWh. Si se analiza con detalle el comportamiento del sector durante el período 1999-2008, destaca el gran aumento del consumo hasta 2005 –y, en especial, desde 2002, con una tasa de crecimiento del 3,77%–, y la fuerte reducción en el período 2005-2008 –con una tasa negativa del 5,85%–, de manera que en el conjunto del período 1999-2008 la tasa anual resultante fue de 0,46%. Por tanto, entre 1999 y 2008 el consumo en este sector prácticamente no aumentó.

Para explicar este hecho, debe tenerse en cuenta que se produjo un descenso generalizado del consumo de gas natural, al que el sector doméstico es muy sensible. Asimismo, el ligero aumento de la población de Barcelona –que influye de forma directa sobre el consumo del sector– fue acompañado de un cambio en la densidad del sector residencial que atenuó el incremento de la demanda de energía. Al mismo tiempo, se produjo un aumento de la intensidad del consumo eléctrico por habitante, debido a la penetración creciente de nuevas tecnologías en las viviendas y la ya comentada disminución de la intensidad del consumo de gas natural, también por habitante.

El motivo de este descenso en la demanda de gas natural responde, entre otros motivos, a la reducción del consumo de calefacción. En primer lugar, porque 2006 fue un año menos frío que el 2005, y en segundo porque el inicio de la crisis en 2008 estimuló el ahorro de energía. Un tercer factor a considerar es la reducción del consumo por la mejora de la eficiencia energética de las nuevas viviendas y de su equipamiento.

El incremento del consumo de energía en Barcelona entre los años 1999 y 2008 puede explicarse por diversas razones, distintas para cada sector. Esta evolución permite visualizar también los cambios en la estructura económica de la ciudad en estos últimos años.

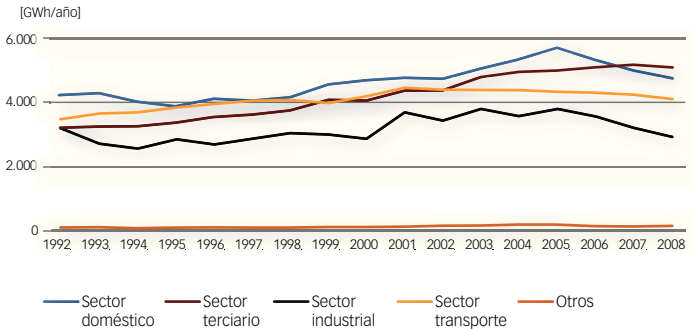
- En el **SECTOR TERCIARIO O SERVICIOS**, el consumo en 2008 fue de 5.083 GWh frente a los 4.049 GWh de 1999. La tasa de crecimiento anual en este período fue del 2,56%, con un comportamiento más regular que el del sector doméstico, a pesar de la disminución del consumo que se produjo en 2008.

El aumento continuado del consumo del sector terciario en el período 1999-2008 estaba relacionado con el crecimiento neto de la actividad económica y la mayor presencia de la tecnología impulsada con electricidad. El consumo de gas natural, sin embargo, experimentó una ligera reducción.

- En el **SECTOR INDUSTRIAL**, el consumo en 2008 fue de 2.929 GWh, valor inferior al de 1999, que fue de 2.993 GWh. Así pues, la tasa de crecimiento anual fue negativa (-0,24%). El análisis interanual muestra un comportamiento cambiante, con una disminución del consumo a partir de 2005, como sucede en otros sectores.
- En el **SECTOR TRANSPORTE** se produjo un ligero incremento del consumo en el período 1999-2008, ya que pasó de los 3.965 MWh a los 4.100 MWh. No obstante, el consumo se puede considerar prácticamente estabilizado, con una tasa de crecimiento anual del 0,37%, que en los últimos años fue incluso negativa (-1,69% entre 2005 y 2008). Gracias a las políticas impulsadas por la administración pública, hubo un incremento del número de usuarios de los medios de transporte públicos eléctricos (metro, tren y tranvía), y un aumento de la flota de autobuses de gas natural. De este modo, y a pesar del consiguiente aumento del consumo de electricidad y gas natural, el consumo de energía per viajero transportado mejoró. En el transporte privado, en cambio, se produjo una reducción del número de turismos en circulación y un incremento de la eficiencia de los vehículos por km recorrido, lo que supuso una ligera reducción del consumo de petróleo para automoción. Sin embargo, la mayor circulación de camiones de mercancías, de autobuses y de vehículos de dos ruedas supuso que el consumo total de petróleo de automoción en 2008 (gasoil y gasolina) fuera prácticamente el mismo que en 1999.
- **EL RESTO DE SECTORES (OTROS)** es un grupo formado por el sector primario, el energético, el de la construcción y el de las obras públicas. En conjunto, entre 1999 y 2008 aumentaron su consumo energético en un 3,68%, con un fuerte incremento hasta 2005 y una reducción

durante los años siguientes. Debe apuntarse, no obstante, que el peso de este sector sobre el total del consumo energético de la ciudad es muy reducido (un 0,8%).

FIGURA 53 | EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA POR SECTORES (1992-2008)



Fuente: ICAEN y Repsol

TABLA 8 | CONSUMO ENERGÉTICO POR SECTORES (1999/2008)

Consumo energético en Barcelona por sectores [GWh]			
	1999	2008	1999 - 2008
Doméstico	4.556,04	4.749,34	0,46%
Servicios	4.049,60	5.083,79	2,56%
Industrial	2.993,50	2.929,76	-0,24%
Transporte	3.965,88	4.100,83	0,37%
Otros	99,76	138,07	3,68%
Total	15.664,78	17.001,78	0,91%
Total por habitante	10,4 MWh/hab	10,5 MWh/hab	0,11%

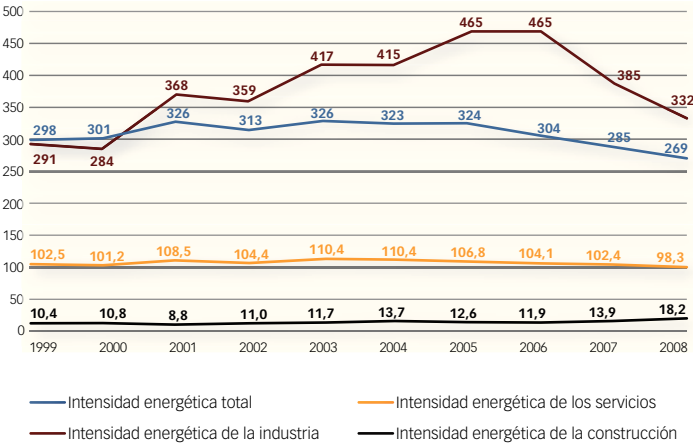
Fuente: ICAEN y Repsol

TABLA 9 | TASAS DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL DEL CONSUMO ENERGÉTICO POR SECTORES (1999/2008)

Tasas de crecimiento medio anual del consumo energético en Barcelona			
	1999 - 2008	1999 - 2005	2005 - 2008
Doméstico	0,46%	3,77%	-5,85%
Servicios	2,56%	3,51%	0,68%
Industrial	-0,24%	4,02%	-8,24%
Transporte	0,37%	1,42%	-1,69%
Otros	3,68%	10,46%	-8,67%
Total	0,91%	3,23%	-3,57%
Total por habitante	0,11%	2,24%	-4,03%

Fuente: ICAEN y Repsol

FIGURA 54 | EVOLUCIÓN DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA POR SECTORES (1999-2008)



▲ La intensidad energética global de Barcelona –es decir, la cantidad de energía utilizada por unidad de producto o servicio- ha ido reduciéndose en los últimos años, de los 298 Wh/€ en 1999 a los 269 Wh/€ en 2008. Esta reducción se ha debido sobre todo a la mejora de la eficiencia del sector industrial y, en menor medida, también del sector servicios. La del sector de la construcción, en cambio, ha ido incrementándose.

El estudio del tráfico

Para determinar el consumo energético del transporte, es necesario estimar en primer lugar el consumo de petróleo de automoción mediante el estudio de los datos y de la araña de tráfico de la ciudad. De esta forma, se obtienen unos valores anuales de vehículo-km que permiten calcular el consumo y las emisiones asociadas.

En Barcelona, el consumo de energía del transporte –tanto de vehículos privados como de autobuses públicos- experimentó un importante crecimiento a partir del año 1992, a raíz sobre todo de la construcción de vías que ofrecían una mayor capacidad de circulación: las rondas. Tras este período de crecimiento, a partir de 2002 la ciudad volvió a saturarse y, como consecuencia, el coche privado volvió a encontrarse con dificultades para acceder a ella. Este hecho se tradujo en una curva ligeramente descendente, tanto de la circulación como del consumo de carburante.

Esta disminución del tráfico respondió no sólo a la saturación de la red viaria en horas punta, sino también a la adopción desde la Administración local de medidas para hacer menos competitiva la movilidad en vehículo privado a motor: mejora de la red de autobuses, creación de las zonas azules, implantación del Área verde, ampliación de los espacios para peatones...

A la reducción del consumo energético ha contribuido de forma significativa la renovación del parque de vehículos y la introducción de mejoras tecnológicas en el motor de combustión para mejorar su eficiencia energética. En este sentido, mientras que en 1999 el 57% de los vehículos censados en Barcelona tenía una antigüedad superior al año 1999 (es decir, eran anteriores al Euro I), en 2008 este porcentaje se redujo hasta el 18,7%. De esta forma, un 32,8% de los vehículos eran Euro I y II, un 22,5% Euro III y un 21,8% Euro IV.

El análisis de los datos obtenidos en el estudio de caracterización del parque móvil de Barcelona (ver apartado 2.1.7) constata que el de turismos circulante es más moderno que el de los vehículos censados, cuestión ésta que tiene una gran influencia cuando se calculan los consumos energéticos y las emisiones contaminantes.

FIGURA 55 | EVOLUCIÓN DE LOS PARQUES DE VEHÍCULOS CENSADO Y CIRCULANTE EN BARCELONA (1999-2009)

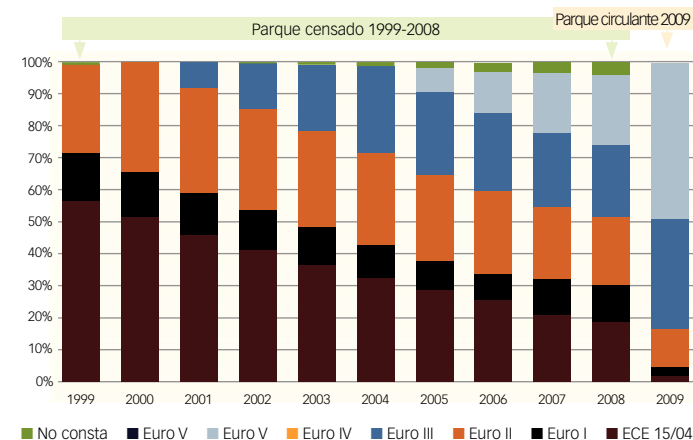
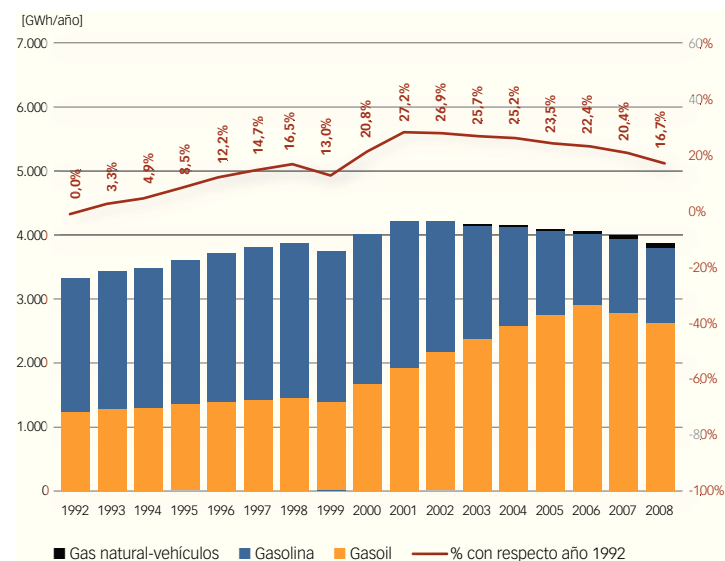
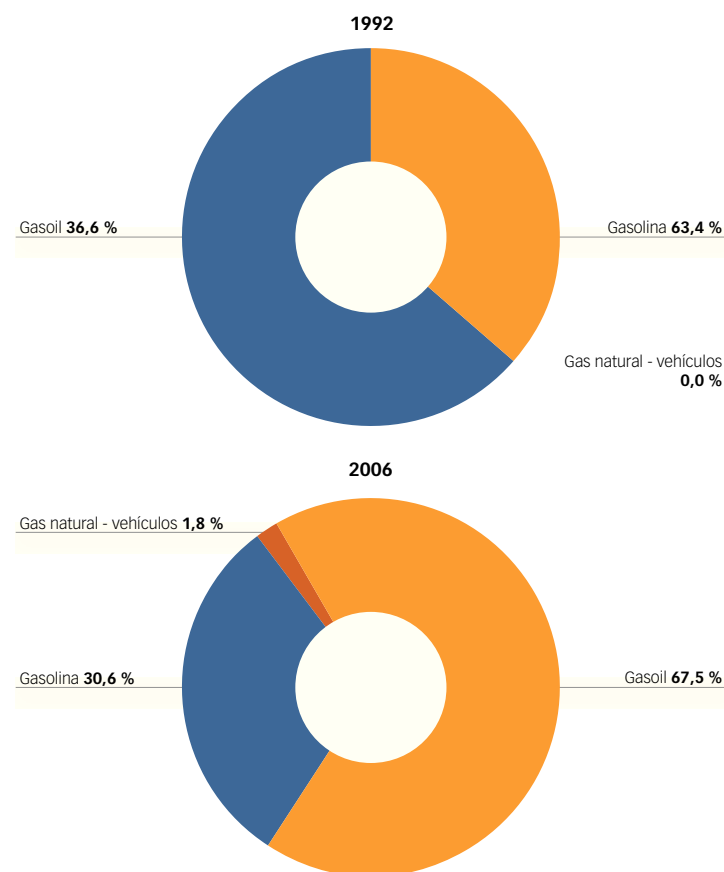


FIGURA 56 | EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA PARA AUTOMOCIÓN EN BARCELONA (1992-2008)

▲ Debido a la diferencia observada entre el parque censado y el parque circulante, y teniendo en cuenta que esta diferencia probablemente es menor en las series históricas, se ha recalculado la evolución del consumo de petróleo de automoción para hacer la serie más homogénea.

FIGURA 57 | CONSUMO DE ENERGÍA PARA AUTOMOCIÓN EN BARCELONA, POR FUENTES DE ENERGÍA (1992-2006)

La tasa anual de incremento del consumo energético del sector de la automoción entre 1999 y 2008 fue del 0,37%, si bien en el período 1999-2001 alcanzó el 6,11%. Entre este año y 2008, la tasa se redujo hasta un -1,22%. Si al consumo de la automoción viaria se le añade el ferroviario (248,47 GWh) y el de GLP mezcla (2,19 GWh), el consumo total del transporte en Barcelona fue de 4.100,83 GWh en 2008.

TABLA 10 | CONSUMO DE LA AUTOMOCIÓN VIARIA EN BARCELONA (1999/2001/2008)

Consumo de la automoción viaria en Barcelona			
	1999 [GWh]	2001 [GWh]	2008 [GWh]
Petróleo de automoción [gasolina]	2.361,71	2.290,94	1.178,91
Petróleo de automoción [gasoil]	1.364,22	1.904,05	2.600,07
Gas natural para automoción	0,00	0,11	71,19
Vehículo eléctrico [electricidad]	0	0	0
Total	3.725,93	4.195,10	3.850,17
Total por habitante	2,48 MWh/hab	2,79 MWh/hab	2,38 MWh/hab

TABLA 11 | TASAS DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL DEL CONSUMO ENERGÉTICO PARA AUTOMOCIÓN EN BARCELONA (1999/2008)

Tasas de crecimiento medio anual del consumo energético de automoción viaria en Barcelona			
	1999 - 2008	1999 - 2001	2001 - 2008
Automoción	0,37%	6,11%	-1,22%
Energía por habitante	-0,44%	6,04%	-2,21%
Población	0,80%	0,06%	1,01%

TABLA 12 | CONSUMO DEL TRANSPORTE EN BARCELONA (1999/2008)

Consumo del transporte en Barcelona			
	1999 [GWh]	2001 [GWh]	2008 [GWh]
Total	3.965,88	4.425,90	4.100,83
Total por habitante	2,64 MWh/hab	2,94 MWh/hab	2,54 MWh/hab

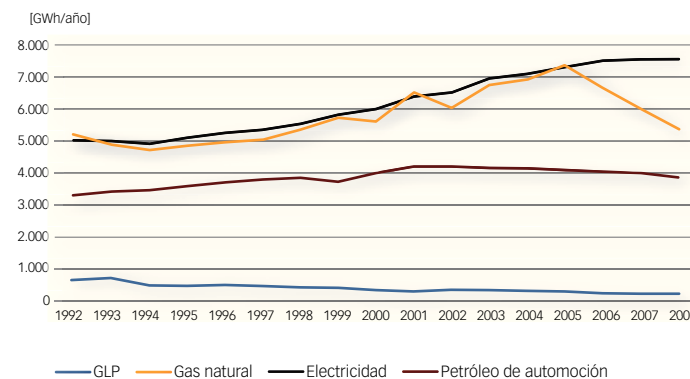
2.2.3 - EL CONSUMO POR FUENTES DE ENERGÍA

Si se observa la evolución del consumo por fuentes de energía, el mayor incremento en el período 1999-2008 lo protagoniza la electricidad, con una tasa media del 2,91% anual, pero también destaca el descenso del consumo de gas natural y GLP. En el caso concreto del gas natural, éste se situó a partir de 2005 en valores similares a los de 1992 e inferiores a los de 1999.

Este descenso estuvo relacionado probablemente con un comportamiento climático más temperado a partir de 2006 (2005 fue un año especialmente duro, sobre todo en invierno, hecho éste que queda reflejado en el pico de consumo energético, que se produjo tanto en Cataluña como en toda España).

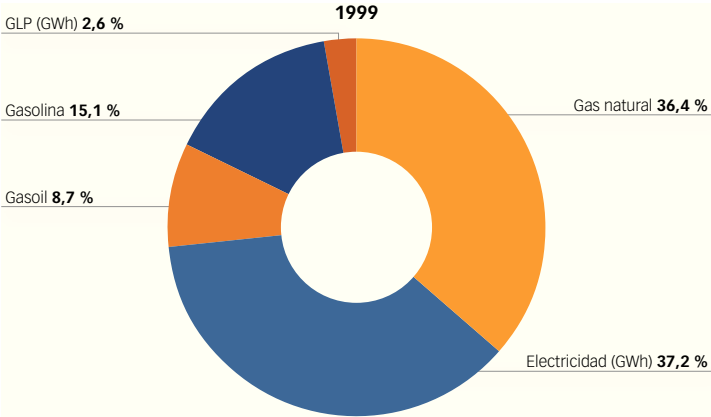
Se observa, asimismo, una reducción del incremento del consumo de petróleo de automoción, gasolina y gasoil, causado probablemente por dos factores: una menor circulación del transporte privado y una mejora de la eficiencia del parque de vehículos circulante, como se expone más adelante.

FIGURA 58 | EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE BARCELONA, POR FUENTES DE ENERGÍA (1992-2008)

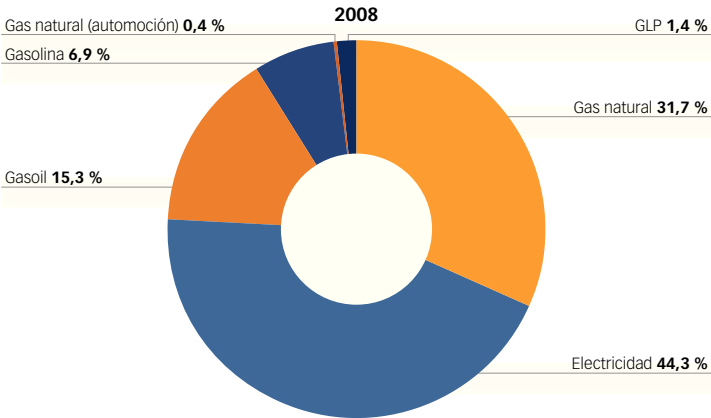


Fuente: ICAEN (electricidad, gas natural y GLP) y Barcelona Regional (petróleo de automoción)

FIGURA 59 | CONSUMO DE ENERGÍA EN BARCELONA PER FUENTES DE ENERGÍA (1999/2008)



▲ Consumo 2008: 15.664,78 GWh



▲ Consumo 2008: 17.001,78 GWh

Fuente: ICAEN

TABLA 13 | TASAS DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN BARCELONA POR FUENTES DE ENERGÍA (1999/2008)

Tasas de crecimiento medio anual del consumo energético en Barcelona		
	1999 - 2005	1999 - 2008
Electricidad	3,80%	2,91%
Gas natural	4,22%	-0,64%
GLP	-5,32%	-6,21%
Petróleo de automoción	1,49%	0,37%
Total	3,23%	0,91%
Total por habitante	2,24%	0,11%

TABLA 14 | CONSUMOS ENERGÉTICOS FINALES EN BARCELONA, POR FUENTES DE ENERGÍA (1999/2008)

Consumos energéticos finales en Barcelona		
	1999 [GWh]	2008 [GWh]
Electricidad	5.824,20	7.536,66
Gas natural	5.699,67	5.381,83
GLP	414,98	233,12
Automoción	3.725,93	3.850,17
Total	15.664,78	17.001,8
Total por habitante	10,42 MWh/hab	10,52 MWh/hab

Fuente: ICAEN (electricidad, gas natural), REPSOL-YPF (GLP) y Barcelona Regional (petróleo de automoción)

Evolución del consumo de electricidad

Barcelona consumió 7.536,66 GWh de electricidad en 2008, un 29% más que en 1999. Por sectores, el consumo se repartió de la forma siguiente: un 55,1%, el sector terciario; un 30,4%, el doméstico; un 9,4%, el industrial; y un 5,1%, otros sectores minoritarios. Comparando la distribución del consumo eléctrico de 2008 con la de 1999 se observa cómo en este período el sector terciario aumenta un 4,2%, mientras que el sector industrial disminuye un 5,1%.

TABLA 15 | CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN BARCELONA, POR SECTORES (1999/2008)

Consumo eléctrico en Barcelona por sectores		
	1999 [GWh]	2008 [GWh]
Doméstico	1.711,36	2.289,58
Terciario	2.961,77	4.148,98
Industrial	845,49	711,57
Tracción	205,83	248,47
Otros	99,75	138,06
Total	5.824,20	7.536,66
Total por habitante	3,87 MWh/hab	4,66 MWh/hab

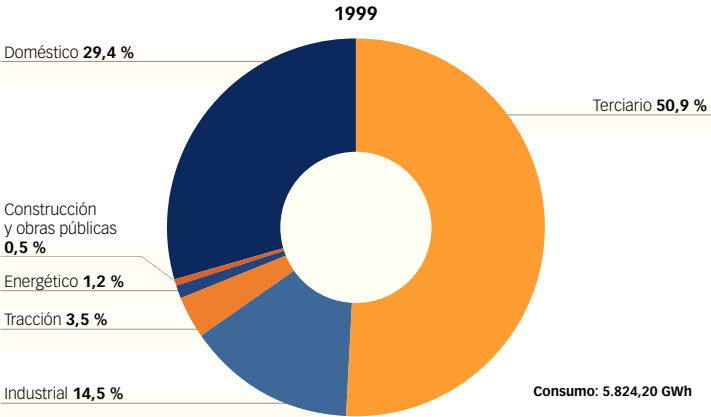
Fuente: ICAEN

TABLA 16 | TASAS DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL DEL CONSUMO ELÉCTRICO (1999-2008)

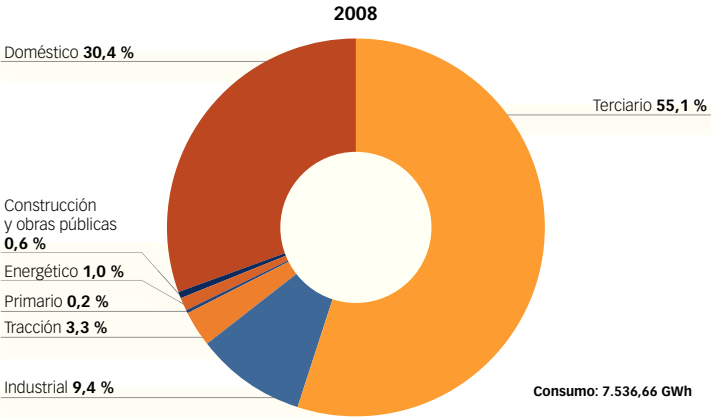
Tasas de crecimiento medio anual del consumo eléctrico en Barcelona	
	1999 - 2008
Electricidad	2,91%
Electricidad por habitante	2,08%
Población	0,80%

Fuente: ICAEN

FIGURA 60 | CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN BARCELONA POR SECTORES (1999/2008)



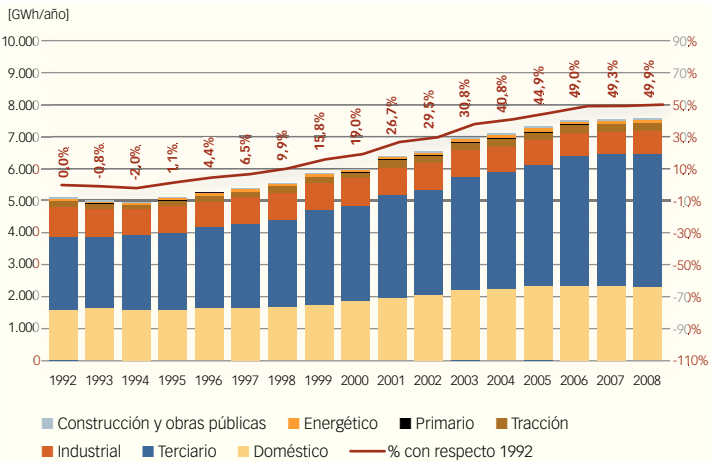
▲ Consumo 1999: 5.824,20 GWh



▲ Consumo 2008: 7.536,66 GWh

Fuente: ICAEN

FIGURA 61 | EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD (1992-2008)

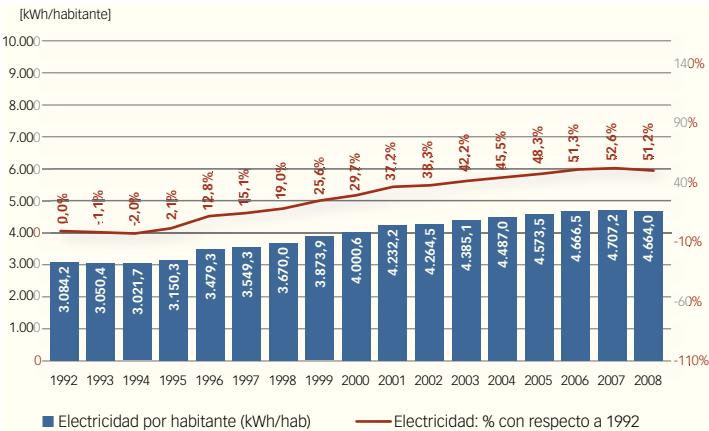


Fuente: ICAEN

La evolución del consumo eléctrico en los últimos años ha sido siempre al alza –a excepción de 1993 y 1994–, sobre todo entre los años 1996 y 2003. No obstante, a partir de 2006 el incremento del consumo se frena en comparación con los años anteriores.

La ratio de consumo de electricidad por habitante tuvo un comportamiento similar, ya que desde o 2006 el aumento fue muy inferior al de años anteriores y se situó en los 4,65 MWh/hab en 2008. No obstante, si sólo se considera el sector doméstico, el consumo por habitante alcanzó los 1,42 MWh/hab en 2008, mientras que este valor era de 1,14 MWh/hab en 1999.

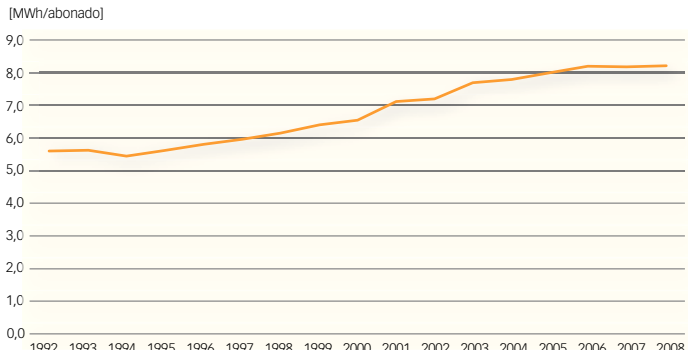
FIGURA 62 | EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD POR HABITANTE (1992-2008)



La evolución histórica del ratio de consumo de electricidad por acometida también ha sido al alza, con una tasa de crecimiento de 1,94% anual en el período 1992-1999 y del 2,81% anual en el período 1999-2008. El mayor crecimiento tuvo lugar entre los años 1999-2003, con una tasa anual del 4,70%.

En general, todo el período 1999-2008 estuvo marcado por la evolución tecnológica de la sociedad, tanto en lo que se refiere al uso de nuevos electrodomésticos por parte de los ciudadanos, como al incremento del número de infraestructuras que dan servicio a la población.

FIGURA 63 | EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR ABO-
NADO (1992-2008)



Fuente: ICAEN

El doméstico es uno de los sectores en el que más ha aumentado el equipamiento tecnológico, especialmente a raíz de la introducción a gran escala de los aparatos de aire acondicionado y del boom de internet. De este modo, el consumo de dicho sector está actualmente por encima del de otros sectores, tanto en valores absolutos como en ratio por habitante.

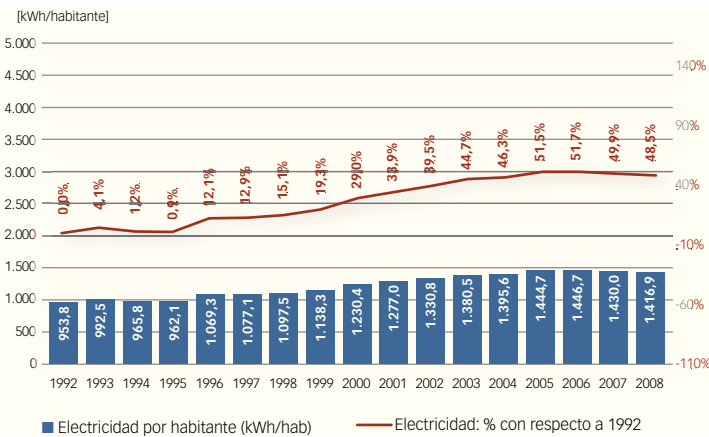
A pesar de este incremento, en los últimos años del período 1999-2008 el consumo de electricidad en el sector doméstico se estabilizó e, incluso, se redujo ligeramente. El inicio de la crisis económica y la compra de equipamiento tecnológico más eficiente parecen ser las causas que han favorecido el ahorro energético, según un estudio técnico realizado por la empresa Repsol¹⁵, en el que se estima que el consumo específico de los equipamientos se ha reducido en más de un 20%.

TABLA 17 | TASAS DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL DEL CONSUMO ELÉCTRICO
DEL SECTOR DOMÉSTICO EN BARCELONA (1999-2008)

Tasas de crecimiento medio anual del consumo eléctrico del sector vivienda en Barcelona	
	1999 - 2008
Electricidad doméstica	3,29%
Electricidad doméstica por habitante	2,46%
Población	0,80%

Fuente: ICAEN

FIGURA 64 | EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD DEL SECTOR DO-
MÉSTICO POR HABITANTE (1992-2008)

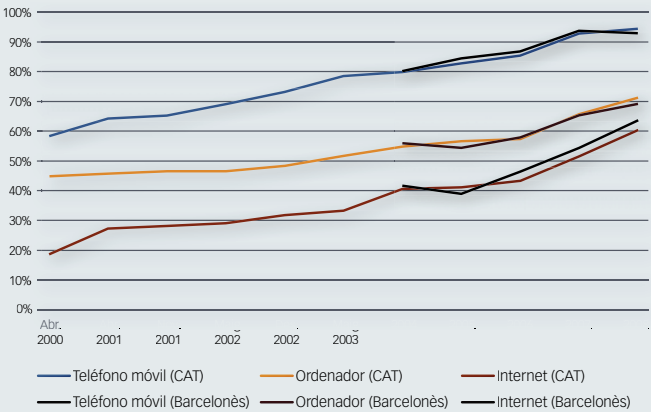


15. Estudio técnico Repsol *Consumo de energía en España 2008*.

EQUIPAMIENTO DE LAS VIVIENDAS Y CONSUMO DE ENERGÍA

En los últimos años se han producido importantes cambios en el parque de electrodomésticos de las viviendas españolas, ya que se han renovado algunos de los aparatos más habituales (frigoríficos, congeladores, lavadoras y lavaplatos), y se han incorporado algunos nuevos como los relacionados con las tecnologías de la comunicación. Dos ejemplos de este hecho son el aumento del número de ordenadores (+11% entre 2004 y 2007) y del horno microondas (+24% en el período 2000-2005). No obstante, la mejora de la eficiencia de los aparatos se ha reflejado en una reducción del consumo específico; entre un -23% y un -37% en el período 1990-2006, según diversos estudios.

FIGURA 65 | EVOLUCIÓN DEL EQUIPAMIENTO EN LAS VIVIENDAS DE CATALUÑA (2000-2008)



Fuente: Observatorio para la Sociedad de la Información [OBSI] e IDESCAT

Evolución del consumo de gas natural

El consumo de gas natural en Barcelona en 2008 fue de 5.381,83 GWh. Por sectores, un 41,9% correspondió al doméstico, un 40,7% al industrial y un 17,4% al terciario. Estos porcentajes fueron muy similares a los de 1999. Dicho consumo experimentó un gran incremento en el período 1999-2005, pero a partir de este año el consumo se redujo hasta niveles similares a los de 1992 e inferiores incluso a los de 1999.

Si en el período 1999-2005 los incrementos medios anuales de los sectores doméstico y terciario fueron, respectivamente, de 3,87% y 1,49%, en el período 2005-2008 se produjeron, en cambio, unos decrementos anuales del 10,11% y 7,70%, respectivamente. El sector industrial experimentó también oscilaciones parecidas, ya que mientras en el período 1999-2005 el consumo se incrementó a razón de una tasa de 5,85%, posteriormente se invirtió la tendencia en el período 2005-2008 y se redujo a razón de una tasa del 10,04%.

Con respecto al consumo de gas natural por habitante, en 1999 fue de 3,79 MWh, valor que se incrementó un 3,22% anual hasta alcanzar los 4,58 MWh/hab en 2005. Una de las razones que explicarían esta punta de consumo serían las bajas temperaturas registradas en invierno de dicho año y que, comparadas con las de años anteriores, presentaba diferencias en las mínimas incluso superiores a un grado negativo.

TABLA 18 | CONSUMO DE GAS NATURAL EN BARCELONA, POR SECTORES (1999/2005/2008)

Consumo de gas natural en Barcelona por sectores			
	1999 [GWh]	2005 [GWh]	2008 [GWh]
Doméstico	2.472,22	3.105,53	2.255,90
Terciario	1.087,83	1.188,66	934,81
Industrial	2.139,62	3.009,77	2.191,12
Total	5.699,67	7.303,96	5.381,83
Total por habitante	3,79 MWh/hab	4,58 MWh/hab	3,33 MWh/hab

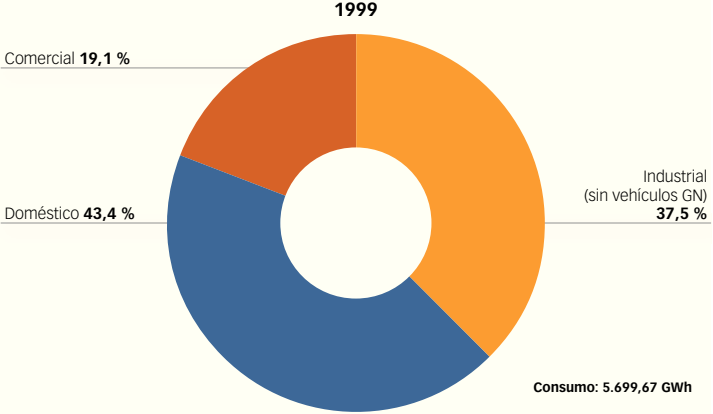
Fuente: ICAEN

TABLA 19 | TASAS DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL CONSUMO DE GAS NATURAL (1999-2008)

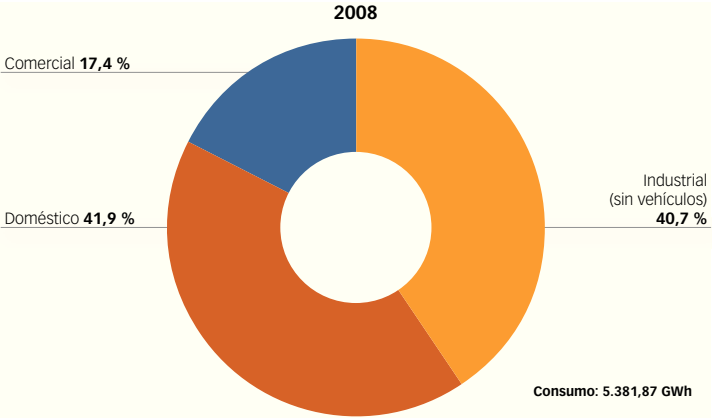
Tasas de crecimiento medio anual del consumo de gas natural en Barcelona		
	1999 - 2005	1999 - 2008
Gas natural	3,84%	-0,64%
Gas natural por habitante	3,22%	-6,96%
Población	0,97%	0,80%

Fuente: ICAEN

FIGURA 66 | CONSUMO DE GAS NATURAL EN BARCELONA POR SECTORES (1999/2008)



▲ Consumo 1999: 5.699,67 GWh



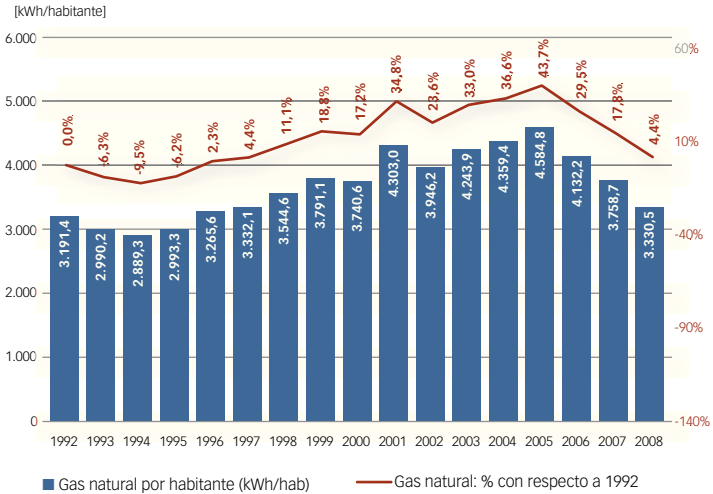
▲ Consumo 2008: 5.381,87 GWh

Fuente: ICAEN

A partir de 2005 la tendencia cambió de forma clara, y la ratio se redujo a un ritmo anual de -10,11%, hasta situarse en 2008 en los 3,33 MWh/habitante. Este consumo per cápita tan bajo no se observaba desde 1997.

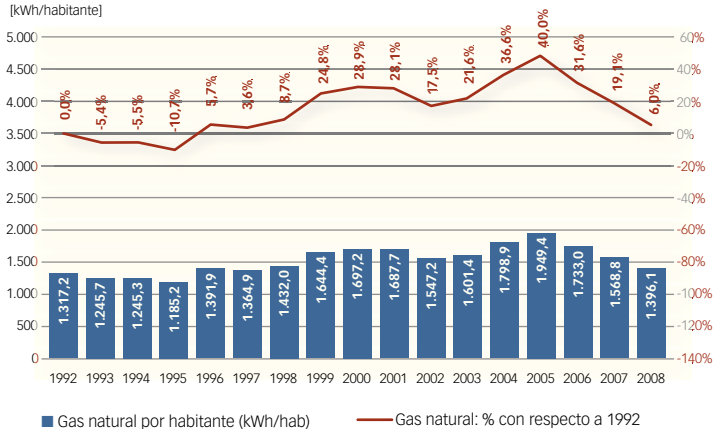
No obstante, también influyen probablemente otros factores –aunque en menor grado–, como las políticas de mejora de la eficiencia energética en las viviendas y de los sistemas de calefacción o los cambios en las instalaciones de las viviendas rehabilitadas. Este hecho contrasta con la evolución del consumo eléctrico en el sector doméstico, opuesta completamente a la del de gas natural. En este sentido, se observa cómo la reducción del consumo de gas natural doméstico es superior a la del consumo total de la ciudad en el período 2005-2008.

FIGURA 67 | EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE GAS NATURAL POR HABITANTE (1992-2008)



Fuente: ICAEN

FIGURA 68 | EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE GAS NATURAL DEL SECTOR DOMÉSTICO POR HABITANTE (1992-2008)



Fuente: ICAEN

TABLA 20 | TASAS DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL DEL CONSUMO DE GAS NATURAL DEL SECTOR DOMÉSTICO (1999-2008)

Tasas de crecimiento medio anual del consumo de gas natural del sector vivienda		
	1999 - 2005	2005 - 2008
Gas natural doméstico	3,87%	-1,01%
Gas natural doméstico por habitante	2,88%	-1,8%
Población	0,97%	0,80%

Fuente: ICAEN y Ayuntamiento de Barcelona

Evolución del consumo de gases licuados del petróleo (GLP)

El consumo de gases licuados del petróleo o GLP en Barcelona (butano, propano y mezcla) fue de 233,12 GWh en 2008, cifra muy inferior a los 414,98 GWh de 1999. Por ello, la tendencia de crecimiento fue inversamente proporcional a las más recientes de consumo de gas natural y electricidad.

TABLA 21 | CONSUMO DE GASES LICUADO DE PETRÓLEO EN BARCELONA, POR SECTORES (1999/2008)

Consumo del GLP en Barcelona por sectores		
	1999 [GWh]	2008 [GWh]
Doméstico [butano]	372,46	203,86
Comercial/industrial [propano]	8,39	27,07
Tracción [mezcla]	34,13	2,19
Total	414,98	233,12
Total por habitante	0,28 MWh/hab	0,14 MWh/hab

Fuente: ICAEN

TABLA 22 | TASAS DE CRECIMIENTO MEDIO ANUAL DEL CONSUMO DE GASES LICUADOS DEL PETRÓLEO (1999-2008)

Tasas de crecimiento medio anual del consumo de GLP en Barcelona	
	1999 - 2008
GLP	-6,21%
GLP por habitante	-6,96%
Población	0,80%

Fuente: Repsol-YPF

Desde 2005 –año en el que prácticamente el 95% del GLP vendido en Barcelona fue butano, fuente de energía muy vinculada al sector doméstico-, se ha producido un aumento de la proporción de propano en el sector terciario hasta alcanzar el 11,6% en 2008. No obstante, el consumo global de GLP –y, en especial, de butano en el sector doméstico- fue reduciéndose desde 1999, con excepción del repunte de 2002. El butano de mezcla utilizado en la tracción de alguna maquinaria destinada a la logística casi ha desaparecido. Por estos motivos, actualmente las ventas de GLP en Barcelona son en su mayoría de butano, aunque queda una pequeña parte de propano correspondiente al sector comercial/industrial.

En lo que al consumo de GLP por habitante se refiere, en 2008 fue de 14 MWh, con una tasa de crecimiento para el período 1999-2008 del 6,96%.

FIGURA 69 | EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE GASES LICUADOS DEL PETRÓLEO (1992-2008)

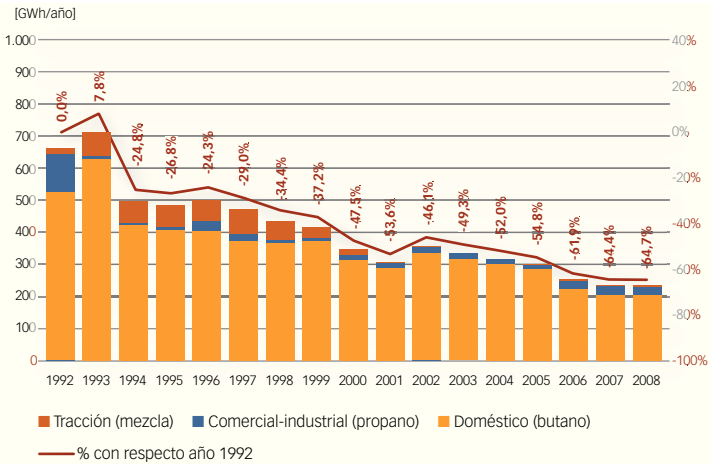
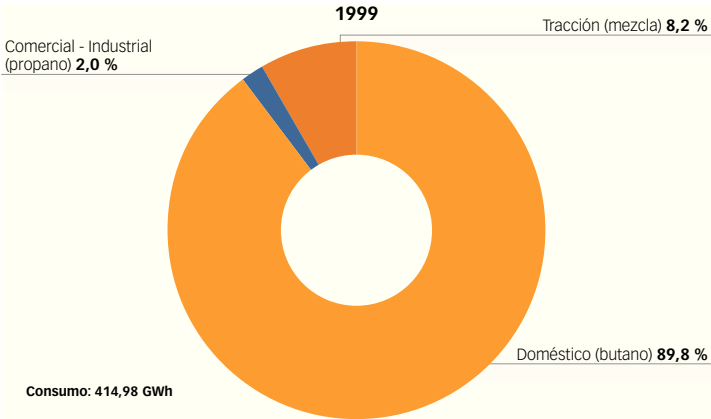
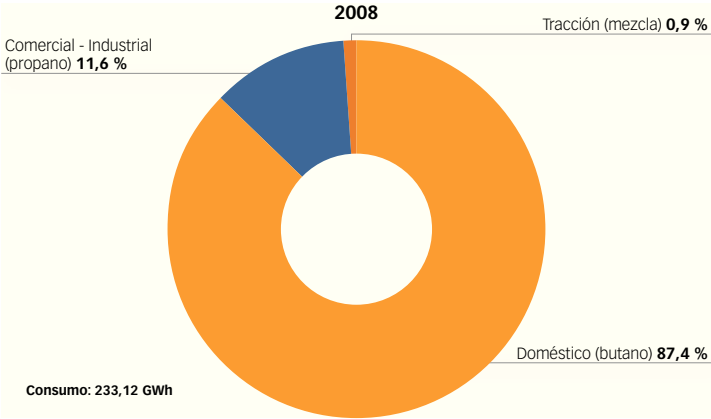


FIGURA 70 | CONSUMO DE GASES LICUADOS DE PETRÓLEO EN BARCELONA, POR SECTORES (1999/2008)



▲ Consumo 1999: 414,98 GWh



▲ Consumo 2008: 233,12 GWh

Fuente: Repsol-YPF

FIGURA 71 | EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE GASES LICUADOS DEL PETRÓLEO POR HABITANTE (1992-2008)

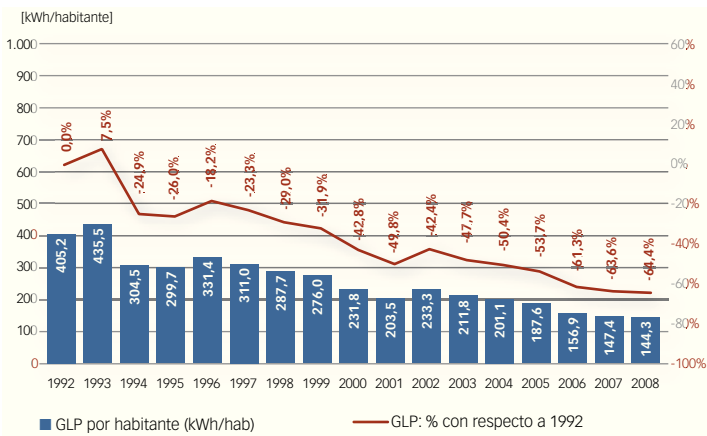
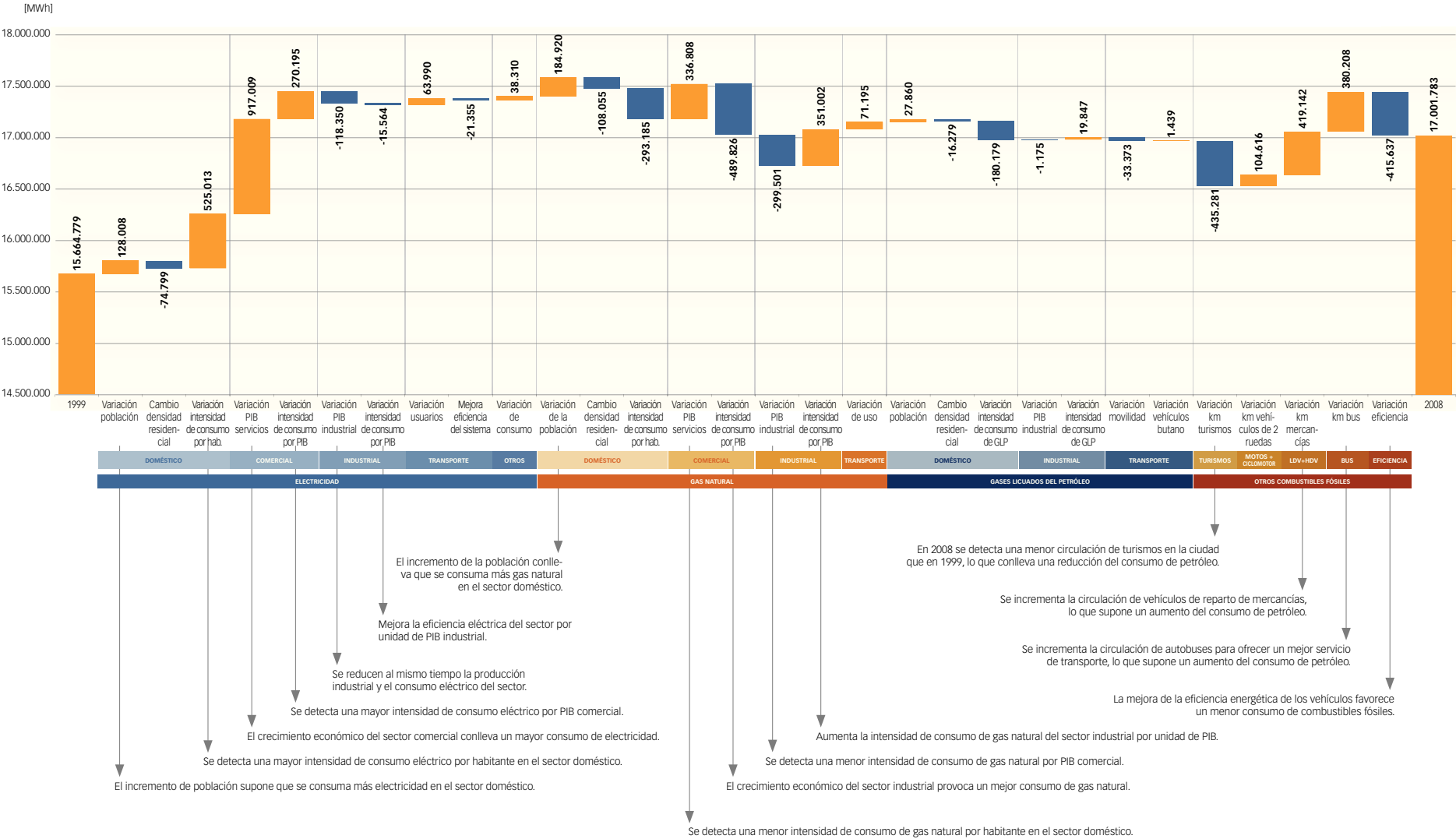


FIGURA 72 | VARIACIÓN EN EL CONSUMO DE ENERGÍA FINAL EN BARCELONA (1999-2008)



2.2.4 - EL CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA

Para satisfacer la demanda de energía final de Barcelona en 2008 (17.001,78 GWh de energía final), fueron necesarios 30.783,60 GWh de energía primaria, un 9,3% más que en 1999. Esta cifra incluye las pérdidas de transformación de la energía primaria en energía final del sistema de generación eléctrica de Cataluña, además de los consumos propios del sector energético y una estimación de las pérdidas por el transporte de energía.

La eficiencia del sistema energético fue prácticamente la misma que en 1999, pero se constata una mejora de la del sistema eléctrico debido, probablemente, a la importancia de las centrales térmicas de ciclo combinado (que tienen una eficiencia superior a la de las centrales convencionales) y de las energías renovables.

Del total de energía primaria, un 65,7% se utilizó para generar y transportar electricidad, mientras que el resto se repartió entre el gas natural (21,2%), los combustibles líquidos para el transporte (12,3%) y los GLP (0,8%).

De la energía primaria necesaria para generar electricidad, el 68,2% correspondió a energía nuclear (en 1999 este porcentaje era del 77,9%), mientras que un 16,9% fue gas natural, utilizado en los nuevos ciclos combinados (en 1999 era del 0%, ya que no existían todavía ninguna instalación de este tipo).

La aparición en el sistema de generación eléctrica de Cataluña de dichos ciclos ha permitido reducir el porcentaje de generación con energía nuclear en 9,7 puntos, y la generación con centrales térmicas clásicas con fuel/gas en 4,4 puntos; la generación con carbón se ha mantenido prácticamente igual en comparación con la de 1999.

FIGURA 73 | FUENTES DE ENERGÍA PRIMARIA EN BARCELONA (2008)

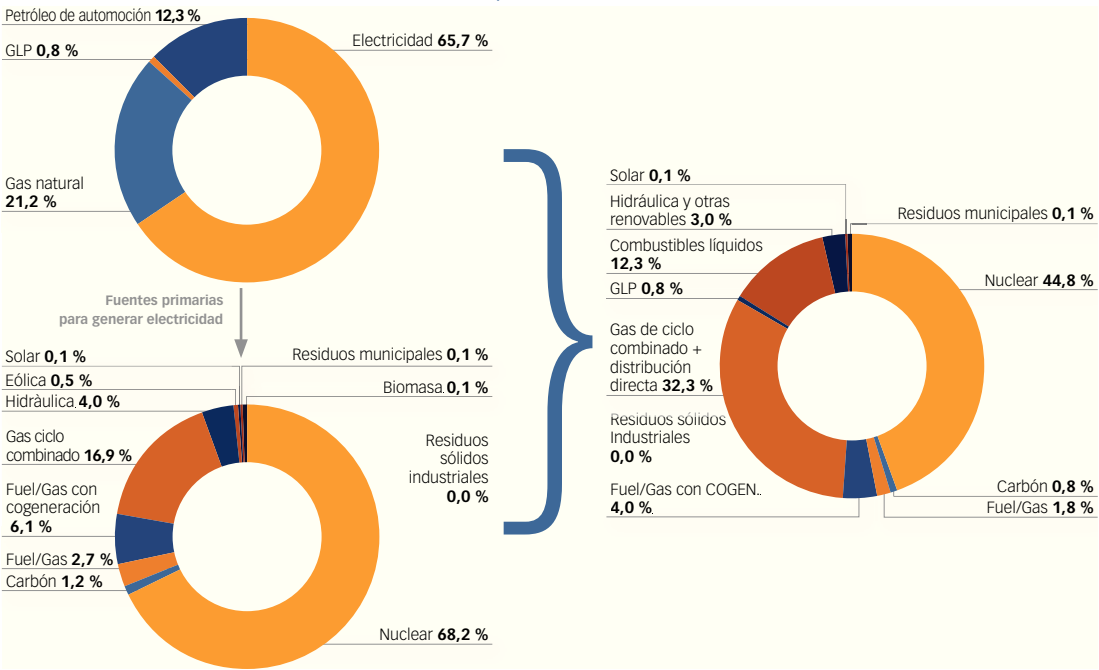


TABLA 23 | CONSUMOS DE ENERGÍA PRIMARIA Y FINAL EN BARCELONA (1999/2008)

Consumo de energía final y primaria en Barcelona		
	1999	2008
Consumo de energía final	15.664,78 GWh	17.001,78 GWh
Consumo de energía primaria	28.158,87 GWh	30.783,60 GWh
Eficiencia del sistema	55,63%	55,23%
Eficiencia eléctrica del sistema	33,6%	37,3%

Fuente: ICAEN

2.3 - La generación de energía

2.3.1 - LA GENERACIÓN GLOBAL

En las infraestructuras energéticas situadas en el municipio de Barcelona y su entorno Besòs (frontera con Barcelona), se generaron 5.243,2 GWh de energía eléctrica en 2008 (5.684 GWh en 2006) y 52,4 GWh de energía solar térmica.

El 93% de esta energía se obtuvo en las grandes centrales de generación (Besòs 3 + 4, y Sant Adrià 1 + 3), inscritas en el Régimen ordinario (RO). El 7% restante se obtuvo en pequeñas centrales inscritas en el régimen especial (RE): motores de generación, instalaciones de energías renovables y la planta de valorización energética de residuos.

FIGURA 74 | INSTALACIONES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EN BARCELONA



FIGURA 75 | INSTALACIONES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EN BARCELONA



GENERACIÓN EN RÉGIMEN ORDINARIO Y EN RÉGIMEN ESPECIAL

Según la Ley española el sector eléctrico (54/1997), la actividad de generación de electricidad puede ser de dos tipos, en función de la tecnología y el recurso energético primario utilizado

- **En régimen ordinario.** Se utilizan tecnologías convencionales utilizadas en centrales de carbón, fueloil, gas natural, ciclos combinados, centrales nucleares, etc.
- **En régimen especial.** Incluye la generación en instalaciones de potencia no superior a 50 MW que utilizan como energía primaria fuentes renovables (biomasa, hidráulica, solar y eólica) o residuos, además de otras como la cogeneración que implican un nivel elevado de eficiencia y un considerable ahorro energético.

2.3.2 – LOS RÉGIMENES ORDINARIO Y ESPECIAL

La generación en régimen ordinario

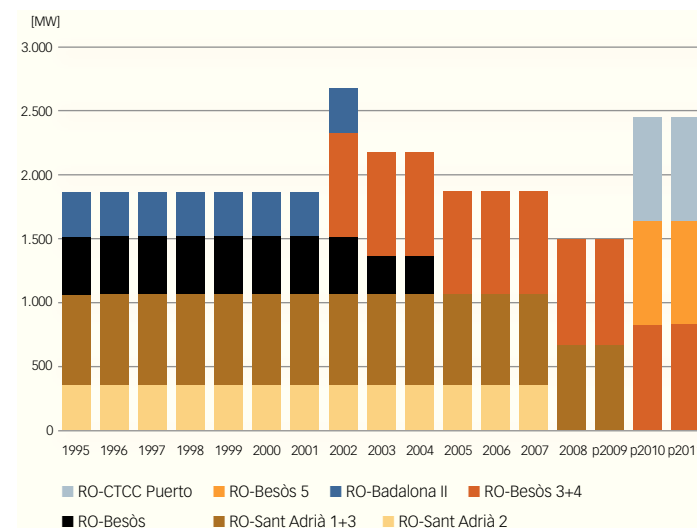
En el ámbito Besòs, situado en la frontera con Barcelona, se encuentran situadas diversas instalaciones de generación eléctrica que satisfacen una parte importante de la demanda energética de la ciudad y su área metropolitana: Central de Sant Adrià, con tres grupos de generación térmica convencional (uno de ellos clausurado en enero de 2008), y centrales de ciclo combinado Besòs 3 y Besòs 4. Anteriormente, se habían clausurado también las centrales Besòs 1 y 2 y Badalona II.

En 2008, y en dicho ámbito, había 1.478 MW de potencia instalada en régimen ordinario, desglosados de la siguiente manera: 55,4% en ciclos combinados (Besòs 3 y 4), y 44,6% en centrales térmicas de fuel/gas (Sant Adrià 1 y 3). La central térmica de fuel Sant Adrià 2 fue clausurada por la Generalitat de Cataluña en enero de 2008 a causa de sus emisiones, ya que este combustible fósil es mucho más contaminante que el gas natural que alimenta las instalaciones Sant Adrià 1 y 3. Esta potencia instalada en régimen ordinario generó 4.907 GWh en 2008: el 96,3% en ciclos combinados (Besòs 3 y 4), y el porcentaje restante en centrales térmicas clásicas (Sant Adrià 1 y 3).

La evolución del porcentaje de energía generada en el ámbito Besòs con respecto al del conjunto de Cataluña (sólo en régimen ordinario) refleja como este ámbito territorial ha ganado protagonismo en los últimos años, ya que las nuevas centrales de ciclo combinado del Besòs han generado mucha más energía que, históricamente, las antiguas centrales. En este sentido, en 2008 se generó en las instalaciones Sant Adrià 1+3 y Besòs 3+4 el 13% de la energía total, mientras que en 2001 –año antes de la puesta en funcionamiento de las centrales de ciclo combinado Besòs 3+4–, esta cifra fue sólo de un 4,7%.

La potencia instalada en 2008 en régimen ordinario en el ámbito Besòs, con respecto a la potencia total instalada en Cataluña, fue inferior a la de 2001 (16,1% frente a un 23,4%).

FIGURA 76 | EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA INSTALADA Y PREVISIÓN DE FUTURO (RÉGIMEN ORDINARIO)



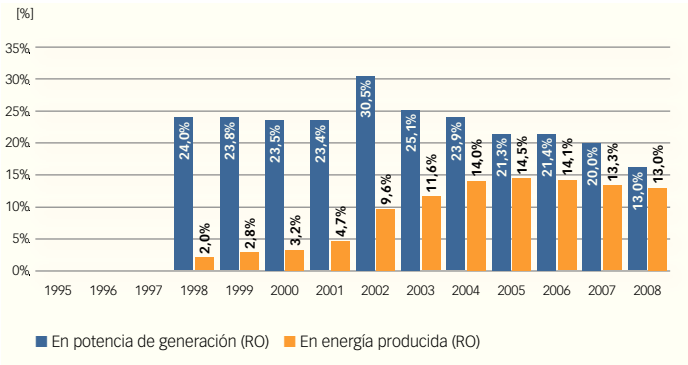
Fuente: Red Eléctrica de España.

▲ En el año 2002 se produjo una punta de potencia instalada debido a la superposición temporal de potencias durante la substitución de las centrales térmicas clásicas por ciclos combinados.

TABLA 24 | EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA EN INSTALACIONES Y PRODUCCIÓN TOTAL, 1995-2008 (RÉGIMEN ORDINARIO)

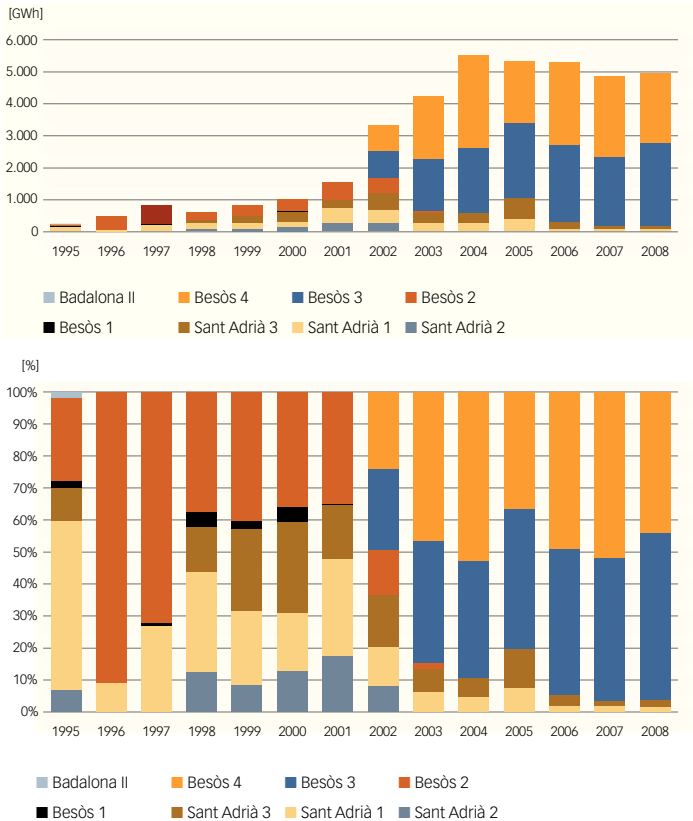
Régimen ordinario [MW]	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
RO - Sant Adrià 2 [fuel]	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	0
RO - Sant Adrià 1+3 [fuel/gas]	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	659
RO - Besòs [fuel/gas]	450	450	450	450	450	450	450	450	300	300	0	----	----	----
RO - Besòs 3 y 4 [ciclo combinado]	0	0	0	0	0	0	0	800	800	800	800	812	812	819
RO - Badalona II [fuel]	344	344	344	344	344	344	344	344	0	----	----	----	----	----
RO - Besòs 5 [ciclo combinado]	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
RO - CTCC del Puerto de Barcelona	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Total potencia régimen ordinario [ámbito Besòs]	1.844	1.844	1.844	1.844	1.844	1.844	1.844	2.644	2.150	2.150	1.850	1.862	1.862	1.478
Régimen ordinario [GWh]	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
RO - Sant Adrià 2 [fuel]	15	0	0	75	68	128	264	264	0	----	----	----	----	----
RO - Sant Adrià 1+3 [fuel/gas]	141	39	211	268	401	463	719	939	562	579	1.040	279	161	179
RO - Besòs [fuel/gas]	63	405	578	250	351	403	536	465	77	0	----	----	----	----
RO - Besòs 3 y 4 [ciclo combinado]	0	0	0	0	0	0	0	1.627	3.568	4.872	4.254	4.970	4.655	4.728
RO - Badalona II [fuel]	4	0	0	0	0	0	0	0	0	----	----	----	----	----
Total producción (b.a.) régimen ordinario [ámbito Besòs]	223	444	789	593	820	994	1.519	3.295	4.207	5.451	5.294	5.249	4.816	4.907

FIGURA 77 | EVOLUCIÓN DEL PESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE BARCELONA Y EL ÁMBITO BESÓS CON RESPECTO A CATALUÑA (RÉGIMEN ORDINARIO)

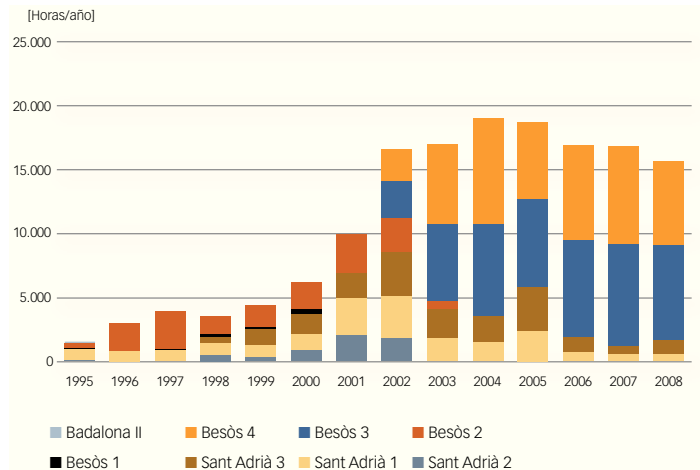


Las centrales de generación de energía implantadas en los últimos años (ciclos combinados), a pesar de tener una potencia inferior a la del conjunto de Cataluña, producen mayor cantidad de electricidad al estar operativas durante más horas al día.

FIGURA 78 | POTENCIA INSTALADA Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA POR GRUPOS GENERADORES (RÉGIMEN ORDINARIO)



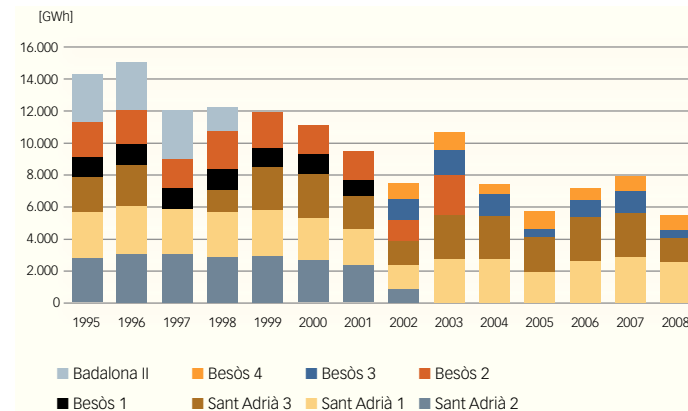
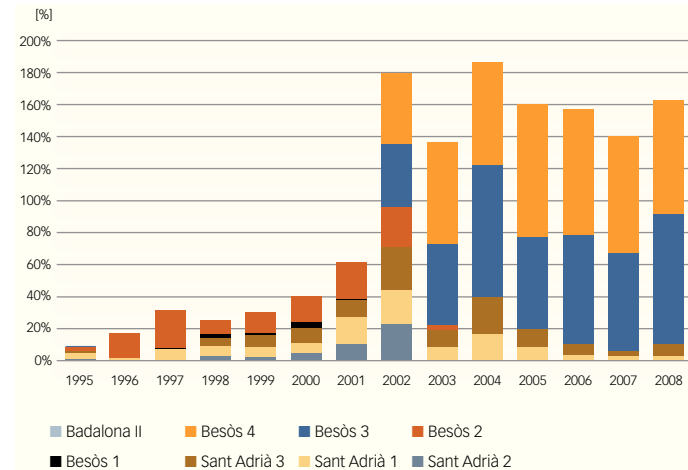
Fuente: Red Eléctrica de España

FIGURA 79 | HORAS REALES DE FUNCIONAMIENTO DE LOS DISTINTOS GRUPOS GENERADORES (RÉGIMEN ORDINARIO)

Fuente: Red Eléctrica de España

Las horas reales de funcionamiento de los grupos generadores de energía aumentaron de forma considerable en el período 2002-2008, ya que los nuevos grupos de ciclo combinado estuvieron más tiempo operativos para satisfacer una mayor demanda eléctrica. En 2008, los grupos Besòs 3 y 4 funcionaron 7.469 horas y 6.635 horas, respectivamente.

En lo que se refiere a la utilización según la producción disponible (es decir, el cociente entre la producción real y la producción disponible, o máxima producción que puede alcanzar la central funcionando a potencial nominal durante las horas en que está operativa), los dos ciclos combinados Besòs 3 y 4 llegaron en 2008 a un porcentaje del 82,1% y 70,8%, respectivamente. Esto indica que se está reduciendo su "capacidad sobrante de generación, o lo que es lo mismo, la producción disponible menos la producción real.

FIGURA 80 | PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN SEGÚN LA PRODUCCIÓN DISPONIBLE (RÉGIMEN ORDINARIO)

Fuente: Red Eléctrica de España

La producción en régimen especial

Además de instalaciones de régimen ordinario, Barcelona cuenta con pequeñas centrales de generación eléctrica enmarcadas en el régimen especial de producción de electricidad (RE), que incluye las fuentes de energía renovables y los procesos de generación de electricidad y calor (cogeneración).

Aunque algunas de estas instalaciones no están situadas en el término municipal de Barcelona -como las plantas de valorización energética de residuos-, deben incluirse en el balance energético de la ciudad¹⁶. Es el caso de la planta energética de la Vall d'en Joan -situada en el vertedero del Garraf, ya clausurado- y de los tres ecoparques situados en el área metropolitana (Ecoparque 1 de Barcelona, Ecoparc 2 de Montcada i Reixac, y Ecoparque de Sant Adrià), donde se obtiene electricidad con el biogás generado en el proceso de descomposición de la materia orgánica de los residuos municipales, y de la instalación de valorización energética de Sant Adrià, situada justo al Ecoparque 3¹⁷.

En 2008, la mayor parte de la energía se obtuvo en las plantas de cogeneración con gas natural (45,4%) y en la instalación de valorización energética de residuos urbanos de Sant Adrià de Besòs (34,9%). También se produjo electricidad con el biogás generado en el vertedero de la Vall d'en Joan del Garraf (energía ponderada según la cantidad de residuos que históricamente ha depositado la ciudad de Barcelona con respecto al total de la producción en 2008), en el Ecoparque 2 (9,5%) y en la planta de secado de lodos (Metrofang, 7,8%). Con unos porcentajes inferiores, pero también de gran valor, se situaron las instalaciones de energía solar fotovoltaica (2,1%) y la central minihidráulica de la Trinitat (0,4%).

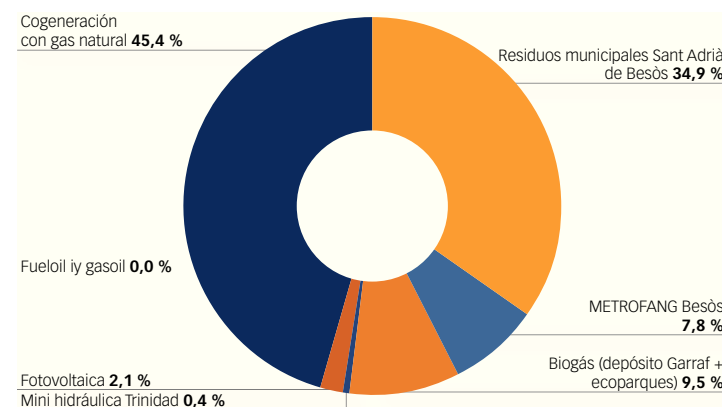
16. Estas plantas tratan residuos procedentes de Barcelona y su ámbito metropolitano, por lo que para la elaboración del balance energético y de emisiones de GEI de la ciudad se contempla la misma fracción de energía y emisiones que las toneladas de residuos procedentes de la ciudad tratados en la planta

17. El Ecoparque 3, concretamente, inyectó en 2008 a la red eléctrica 167.504 MWh (obtenidos mediante la incineración o valorización energética de los residuos), y 59.912 toneladas de vapor en la red de climatización del distrito Fòrum Fòrum (Districlima).

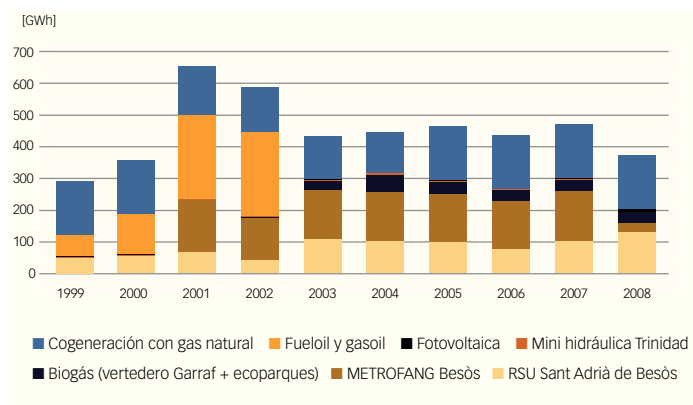
En los últimos años, la generación de electricidad en el régimen especial alcanzó los 400 GWh anuales, cantidad que en 2008 se redujo hasta los 370 GWh debido a la disminución de la producción de la planta de cogeneración de Metrofang, coincidiendo con un cambio en la tecnología de secado de los lodos de depuradora.

En el caso de la generación energética del vertedero controlado de la Vall d'en Joan del Garraf, y a pesar de que desde 2008 no se depositan residuos-, continúa la generación de biogás debido al proceso de metanización de los residuos vertidos años atrás. En este sentido, debe asignarse a Barcelona una fracción de dicha producción, además de la cantidad proporcional de residuos depositados durante los últimos cuatro años de explotación de la instalación.

FIGURA 81 | DISTRIBUCIÓN DE LA ELECTRICIDAD GENERADA EN BARCELONA Y EL ÁMBITO BESÒS POR INSTALACIÓN EN 2008 (RÉGIMEN ESPECIAL)



▲ Energía generada: 370,01 GWh, (ponderado en Barcelona)

FIGURA 82 | EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA GENERADA EN BARCELONA Y EL ÁMBITO BESÒS, 1999-2008 (RÉGIMEN ESPECIAL)**TABLA 25 | EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN INSTALACIONES DE RÉGIMEN ESPECIAL, 1999-2008**

Régimen especial [GWh]	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Valorización residuo municipal Sant Adrià	47,51	54,18	66,57	40,45	108,65	103,04	99,30	76,45	102,86	129,23
METROFANG Besòs	0,00	0,00	163,23	132,00	151,97	151,97(*)	151,97(*)	151,97(*)	156,65	28,81
Biogás (Garraf+Ecoparque)	0,00	0,00	0,00	2,66	28,40	54,95	36,08	32,58	35,57	35,04
Mini hidráulica Trinidad	6,22	5,71	5,16	6,30	6,13	5,11	5,11(*)	5,11(*)	3,34	1,47
Fotovoltaica	0,003	0,024	0,046	0,130	0,158	0,758	1,01	1,23	1,45	7,62
Cogeneración con fueloil/gasoil	68,00	128,00	264,00	264,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cogeneración con gas natural	169,33(*)	169,33	153,71	141,76	135,21	128,62	167,85	167,85(*)	167,85(*)	167,85(*)
Total producción RE [BCN + ámbito Besòs]	291,06	357,25	652,72	587,29	430,53	444,44	461,31	435,18	467,72	370,01

* Estimaciones

El autoconsumo de electricidad de origen local

Si se consideran tanto la generación en régimen ordinario (RO) como la generación en régimen especial (RE), en 2008 se generaron en Barcelona y el ámbito Besòs 5.277 GWh (un 93% en RO y un 7% en RE).

La autogeneración de electricidad en este territorio fue incrementándose de forma ininterrumpida hasta el año 2004, cuando la producción en el ámbito Besòs comenzó a decrecer debido a la entrada en funcionamiento a pleno rendimiento de los dos nuevos ciclos combinados construidos en Tarragona. En el momento de la aparición de estos ciclos, el porcentaje de autoconsumo había alcanzado un valor máximo del 81%, pero posteriormente fue reduciéndose hasta alcanzar los 13 puntos en 2008.

Barcelona y el ámbito Besòs generan el 68% de la energía eléctrica que consumen anualmente los municipios de Barcelona y Sant Adrià de Besòs, por lo que sólo necesita importar -en balance anual- el 32% de la electricidad.

Barcelona y el ámbito Besòs generan el 68% de la energía eléctrica que consumen anualmente los municipios de Barcelona y Sant Adrià de Besòs, por lo que sólo necesita importar -en balance anual- el 32% de la electricidad.

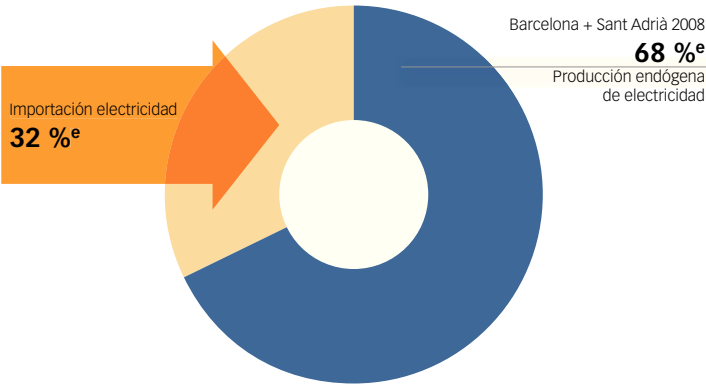
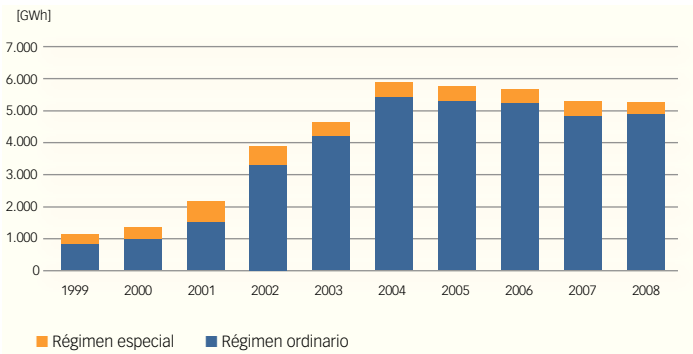


FIGURA 83 | EVOLUCIÓN DE LA ELECTRICIDAD TOTAL GENERADA EN BARCELONA Y EL ÁMBITO BESÒS EN EL PERÍODO 1999-2008 (RÉGIMEN ESPECIAL Y ORDINARIO)



Fuente: Red Eléctrica de España y Agencia de Energía de Barcelona

FIGURA 84 | EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN BARCELONA Y EL ÁMBITO BESÒS CON RESPECTO A LA GENERACIÓN TOTAL EN EL PERÍODO 1995-2008 (RÉGIMEN ESPECIAL + RÉGIMEN ORDINARIO)

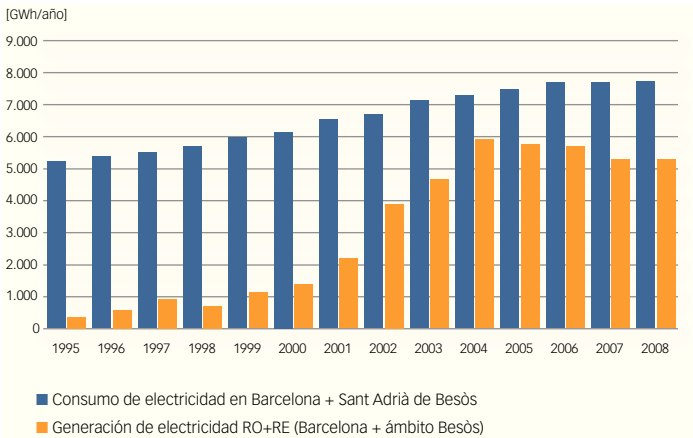
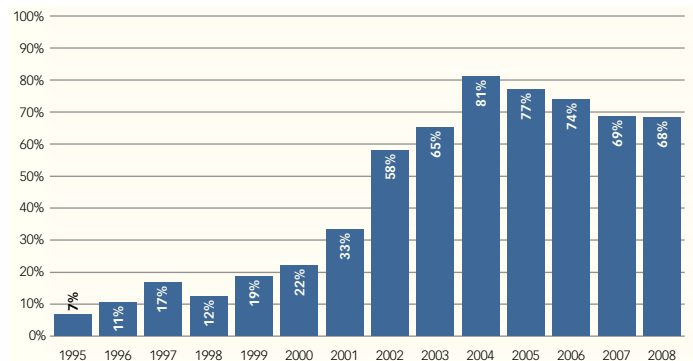


FIGURA 85 | EVOLUCIÓN DEL AUTOCONSUMO DE ELECTRICIDAD DE BARCELONA Y SANT ADRIÀ DE BESÒS CON RESPECTO A SU NIVEL DE GENERACIÓN EN EL PERÍODO 1995-2008 (RÉGIMEN ESPECIAL + RÉGIMEN ORDINARIO)



2.3.3 - LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN EFICIENTES

El régimen especial no sólo incluye las tecnologías renovables con las que se obtiene electricidad, sino también, como ya se ha apuntado en apartados anteriores, aquellos sistemas de generación eficientes como la cogeneración y la microcogeneración o la valorización energética de residuos.

La cogeneración

El término cogeneración corresponde a generación simultánea y eficiente de calor y electricidad. Esta tecnología es la más eficiente entre los sistemas de producción de electricidad a partir de combustibles gaseosos (gas natural, biogás), líquidos (fueloil, gasoil, GLP) o sólidos (carbón, biomasa, residuos municipales). La generación se produce en motores alternativos, turbinas de gas, turbinas de vapor o pilas de combustible. La cogeneración se puede implantar en todas aquellas instalaciones industriales o del sector terciario que consuman energía térmica.

En Barcelona existen diversas plantas de cogeneración en funcionamiento -tanto en hospitales como en distintas industrias- que utilizan principalmente gas natural como combustible. Estas plantas, sumadas a las de valorización energética de residuos del Besòs, generaron en 2008 más de 325 GWh de electricidad.

En la industria, la cogeneración está implantada en la mayoría de sectores que requieren gran cantidad de calor (papel, químico, cerámico, etc.), es decir, en los que el peso de la energía en el coste global de producción es elevado. El sector terciario es también técnicamente un ámbito adecuado en el que introducir esta tecnología, pero hay que tener en cuenta algunas cuestiones determinadas:

- Conviene aprovechar al máximo la energía residual en forma de calor, evitando que se pierda por disipación a la atmósfera.
- Para que los proyectos de cogeneración sean viables económicamente, es necesario que el número de horas de uso de la instalación sea el más elevado posible,

- Pueden existir puntos de fricción con la Ordenanza solar térmica vigente en Barcelona.

La elevada eficiencia de los sistemas de cogeneración se consigue con el aprovechamiento del calor que la generación de electricidad produce. Por este motivo, la instalación se dimensiona en función del flujo térmico que se utiliza en el proceso de climatización del edificio o edificios, mientras que el flujo eléctrico obtenido deviene circunstancial.

Esta energía térmica se puede utilizar también transmitiéndola a un único consumidor que lo necesite -cubriendo de esta forma su demanda de calor y/o refrigeración, lo que permite conseguir un ahorro de energía primaria procedente de otros recursos energéticos-, o distribuyéndola mediante una red de climatización de distrito -o DHC- lo que mejora todavía más la eficiencia del sistema.

Desde hace unos años, Barcelona ha apostado por los sistemas de climatización centralizada, ya que una mayor centralización en la generación de calor y frío mejora el rendimiento y la eficiencia de las instalaciones.

La redes de calor y frío de las zonas Fórum y 22@

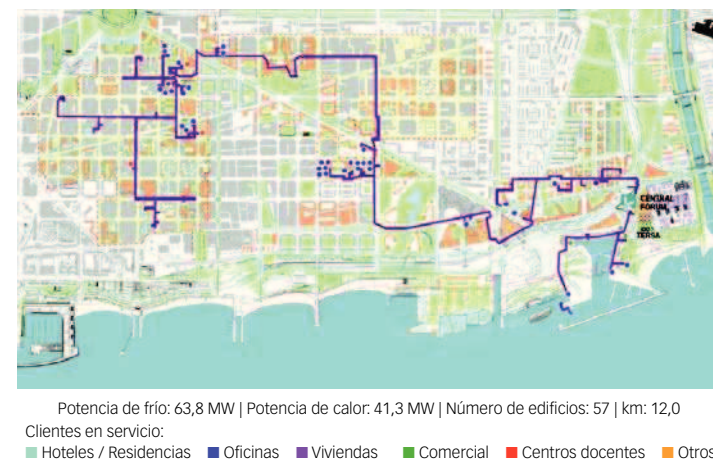
Desde hace unos años, Barcelona ha apostado por los sistemas de climatización centralizada, ya que una mayor centralización en la generación de calor y frío mejora el rendimiento y la eficiencia de las instalaciones.

En la actualidad, existe una red de este tipo en la zona del Fórum y el Distrito 22@, gestionada por la empresa Districlima, que opera con el calor residual procedente de la planta de valorización energética de residuos del Besòs (TERSA). Existe otra red en construcción en la Zona Franca y La Marina del Prat Vermell –empresa Ecoenergies-, alimentada por biomasa y con una aportación de frío residual procedente de la planta de regasificación del Puerto de Barcelona.

La red de calor y frío de la zona Fórum fue la primera que se implantó en Barcelona durante la época del desarrollo urbanístico de esta zona, el año 2004, y actualmente continúa su proceso de expansión. La mayoría de los usuarios conectados al sistema pertenecen al sector terciario, pero se han comenzado a conectar también edificios residenciales de promoción pública. Como apoyo energético, la central cuenta con equipos de alta eficiencia de producción de calor y frío para garantizar el suministro permanente a los usuarios del sistema.

El balance energético de la red del Fórum-22@ en su conjunto supuso en 2009 un consumo de calor residual de TERSA de 34.895 MWh, un consumo de gas con energía auxiliar de 940 MWh y un consumo eléctrico de 9.927 MWh. De este modo, el 95% del calor y el 19% del frío suministrados tuvo su origen en el calor residual de la planta de TERSA, consiguiéndose un ahorro de energía primaria de 39.403 MWh/año y una reducción de las emisiones de CO₂ de 7.076 t/año (51% y 58%, respectivamente, con respecto a los sistemas convencionales). Esta red se encuentra todavía en fase de expansión en el ámbito Fórum-Distrito 22@.

FIGURA 86 | RED DE CALOR Y FRÍO (DHC) DE FÓRUM Y DISTRITO 22@



Fuente: Districlima

TABLA 26 | CARACTERÍSTICAS DE LA RED DHC DE FÒRUM Y 22@

Red de DHC en el ámbito del Fòrum y 22@ (2009)		
	FÒRUM	22@
Longitud de la red (km)	4,3	7,7
Número de clientes	22	28
Potencias contratadas de calor (kW)	22.415	14.793
Potencias contratadas de frío (kW)	31.842	25.925
Potencia instalada de calor (MW)	40*	
Potencia instalada de frío (MW)	39*	
Energía destinada a calor (MWh/año)	14.482	6.685
Energía destinada a frío (MWh/año)	20.499	20.364

Fuente: Districlima

* En la actualidad esta potencia está instalada en la central de la zona Fòrum y se ha iniciado la construcción de una central de puntas en la calle Tànger (22@).

LAS REDES DE CALOR Y FRÍO (*DISTRICT HEATING AND COOLING*)

El *District heating and cooling* (DHC) es un sistema de distribución de energía en forma de agua caliente y agua fría para climatización, agua caliente sanitario o procesos industriales que requieren calor o frío. Esta distribución se realiza mediante conducciones subterráneas urbanas, en polígonos industriales o en zonas destinadas al sector terciario y doméstico.

Las redes de DHC están constituidas por los elementos siguientes:

- Central de producción de energía: instalación donde se lleva a cabo la producción centralizada de agua caliente y fría mediante tecnologías convencionales eficientes o fuentes de energía renovables.
- Red de distribución: está formada por conducciones equipadas con materiales aislantes para garantizar el suministro en las condiciones de temperatura adecuadas. Es, por tanto, el nexo de unión entre la central de producción y los puntos de consumo.
- Subestación térmica: instalación donde se encuentran los intercambiadores de calor y que se utiliza para suministrar calefacción, refrigeración y ACS a los puntos de consumo.

Esta tecnología constituye una manera fiable, eficiente y viable económicamente de climatizar edificios. Según la tecnología que se utilice para generar agua caliente y fría en la central de producción, la instalación tendrá un impacto ambiental mayor o menor. Es recomendable, en este sentido, utilizar energías renovables (principalmente biomasa) o un sistema de cogeneración. En todo caso, las redes de DHC contribuyen a reducir las emisiones y el consumo de energía.

2.4 - Las energías renovables

2.4.1 - LA GENERACIÓN GLOBAL

La generación de energía de origen renovable en Barcelona experimentó entre los años 2003 y 2008 un crecimiento significativo hasta alcanzar un valor de 96,53 GWh y representar el 0,57% de toda la energía consumida (electricidad, gas natural, petróleo de automoción y GLP). Las fuentes de energía que contribuyeron a este nivel de generación fueron la solar fotovoltaica, la solar térmica, la mini hidráulica (instalación de la Trinitat) y el biogás (la parte proporcional correspondiente a Barcelona del gas producido en el vertedero de la Vall d'en Joan del Garraf y en las instalaciones de tratamiento de residuos urbanos ubicadas en los ecoparques).

Si se considera sólo la electricidad de origen renovable generada en Barcelona (con biogás, solar fotovoltaica y mini hidráulica) sobre el consumo eléctrico global de la ciudad, el porcentaje fue en 2008 del 0,59%.

TABLA 27 | EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA CON FUENTES RENOVABLES EN BARCELONA, 1999-2008

Energías renovables [GWh]	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Electricidad con biogás (Garraf+Ecoparque)	0,00	0,00	0,00	2,66	28,40	54,95	36,08	32,58	35,57	35,04
Mini hidráulica Trinitat	6,22	5,71	5,16	6,30	6,13	5,11	5,11 (*)	5,11 (*)	3,34	1,47
Fotovoltaica	0,003	0,024	0,046	0,130	0,158	0,758	1,009	1,227	1,453	7,620
Solar térmica	0,464	0,664	6,410	12,633	16,560	20,846	26,842	34,155	43,299	52,405
Total producción renovables	6,68	6,40	11,62	21,72	51,25	81,66	69,03	73,07	83,66	96,53
Energías renovables [m²]	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Solar térmica	580	830	8.013	15.791	20.700	26.058	33.552	42.694	54.123	65.506

FIGURA 87 | EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA CON FUENTES RENOVABLES, EN GWH Y % (1999-2008)

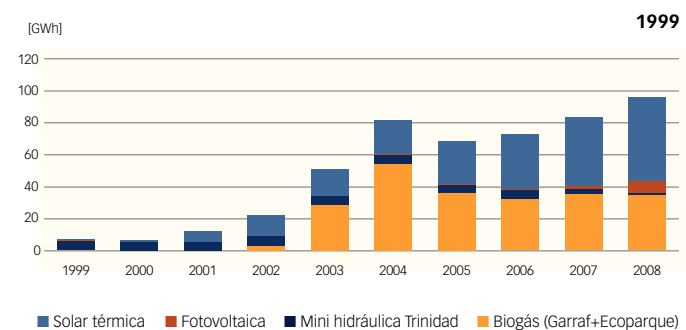


FIGURA 88 | EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN GLOBAL DE ELECTRICIDAD GLOBAL CON FUENTES RENOVABLES, EN GWH Y % (1999-2008)

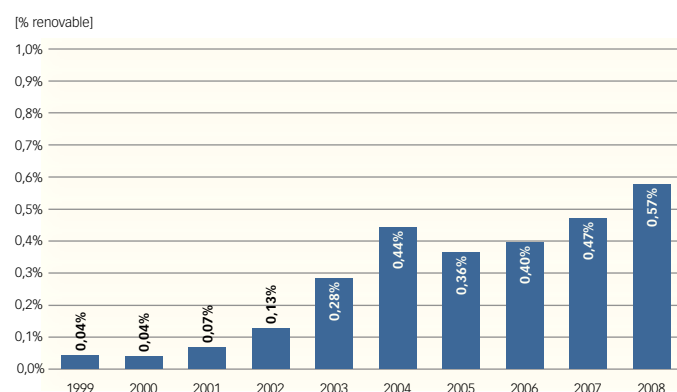
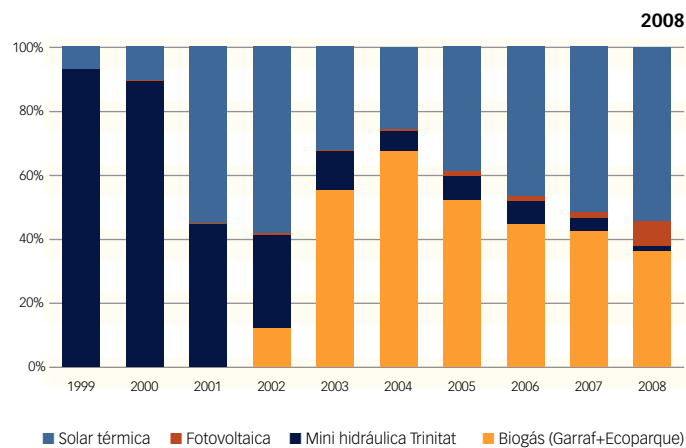
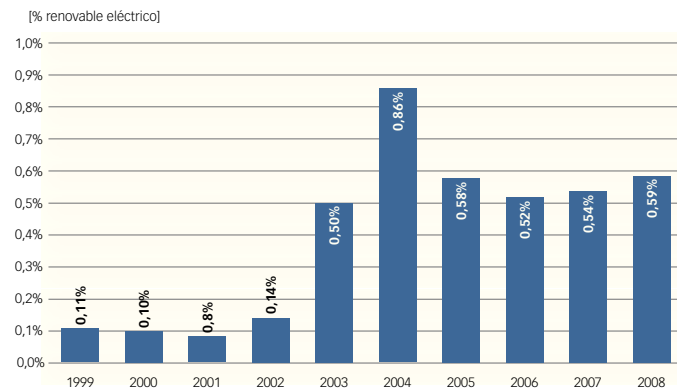


FIGURA 89 | PORCENTAJE DE ELECTRICIDAD DE ORIGEN RENOVABLE GENERADA EN BARCELONA RESPECTO AL CONSUMO ELÉCTRICO DE LA CIUDAD

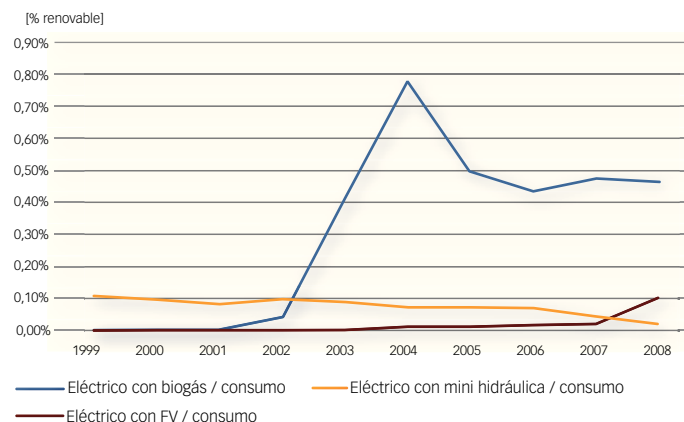
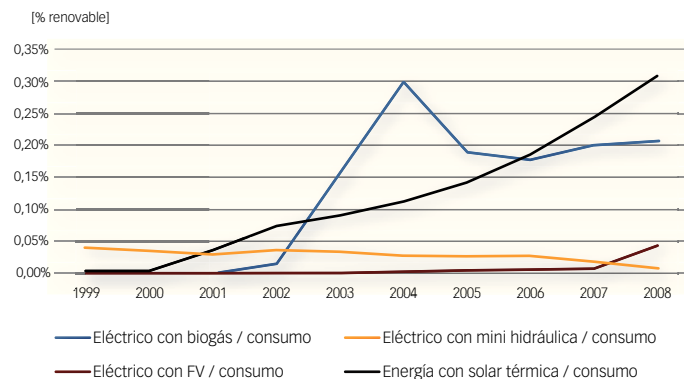


FIGURA 90 | PORCENTAJE DE ENERGÍA DE ORIGEN RENOVABLE GENERADA EN BARCELONA RESPECTO AL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA CIUDAD



2.4.2 – LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

La evolución de la superficie solar térmica

La energía solar es el principal recurso renovable de la ciudad. Más concretamente, la energía solar térmica es la fuente energética autóctona con mayor presencia, con una participación del 52% sobre el total de generación renovable de la ciudad.

Este hecho responde, fundamentalmente, al impulso que desde el Ayuntamiento de Barcelona se dio a dicha fuente en 1999 con la aprobación, en plenario, del Anexo sobre Captación solar térmica de la Ordenanza general de medio ambiente, conocido con el nombre de Ordenanza Solar de Barcelona (OST). De este modo, y por primera vez en España, se aprobaba una norma que obligaba a los nuevos edificios y a aquellos que se rehabilitasen a incluir sistemas de energía solar térmica para cubrir su demanda de agua caliente.

En 2002, el Ayuntamiento de Barcelona aprobó también el Plan de mejora energética de Barcelona (PMEB), con el que se hacía una apuesta decidida para incrementar la generación energética mediante fuentes de energía primaria renovables -en especial, la energía solar térmica-, y se fijaba como objetivo para finales de 2010 alcanzar la cifra de 96.300 m² de captadores solares térmicos.

Durante estos años -sobre todo durante la etapa de mayor crecimiento económico-, Barcelona aumentó de forma significativa su superficie construida y, por tanto, su complejidad como sistema urbano. En sólo diez años, se construyeron más de 2.500.000 m² de techo¹⁸, especialmente de viviendas, garajes y aparcamientos, así como edificios del sector terciario (comercial, oficinas y hoteles), con una tasa de crecimiento acumulado del 0,33% anual¹⁹.

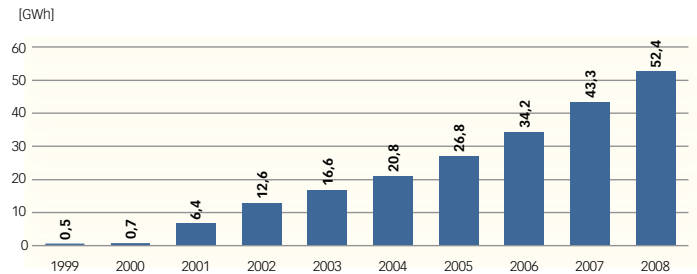
¹⁸. Según datos del Catastro y del Institut Municipal d'Informàtica, en el año 1999 había en Barcelona 107.349.390 m² de techo, mientras que en 2006 se llegó a los 109.843.343 m².

¹⁹. En estas cifras no se incluyen aquellos edificios que han sido construidos para sustituir superficie de techo de edificios más antiguos. Si se realiza un análisis de aquellos edificios construidos después de 1999, se alcanza una cifra cercana a los 5 millones de m².

La nueva trama se está desarrollando actualmente reutilizando suelo urbano, ya que prácticamente no existe suelo libre en la ciudad. Esto implica que los grandes proyectos urbanos de futuro se tengan que llevar a cabo reconvirtiendo usos.

En todo caso, la nueva superficie construida ha contribuido a la expansión urbana de la energía solar térmica, ya que como resultado de la aplicación de la Ordenanza solar térmica se alcanzó en 2008 la cifra de 65.506 m² de superficie solar tramitada, 2.687 m² de instalaciones voluntarias y 62.819 m².

FIGURA 91 | EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE SOLAR TÉRMICA EN BARCELONA (1999-2008)



Fuente: Agencia de Energía de Barcelona

Balance de la Ordenanza solar térmica²⁰

La Ordenanza solar de Barcelona (OST) se aprobó y publicó en 1999 (BOP nº 181 / páginas 25 a 27, en fecha 30/7/99), y entró en vigor en agosto de 2000, un año después de su publicación debido a la moratoria acordada entre el Ayuntamiento y los distintos actores implicados en su aplicación.

Antes de la entrada en vigor de dicha Ordenanza, en Barcelona se habían impulsado ya distintas medidas para fomentar la instalación de sistemas térmicos de aprovechamiento de la energía solar -por ejemplo, una campaña realizada por la organización Barnamil o las ayudas aportadas en el marco de la campaña *"Barcelona, ponte guapa"*-, las cuales, sin embargo, no tuvieron el impacto deseado, a excepción de una iniciativa impulsada por el Patronat Municipal de l'Habitatge consistente en la instalación de captadores solares térmicos (750 m²) en unas viviendas de protección de nueva construcción. Esta actuación se llevó a cabo en paralelo al proceso de aprobación de la OST y durante el año de moratoria, y sirvió como prueba piloto de la aplicación de dicha ordenanza.

De este modo, en el momento de la entrada en vigor de la OST, la superficie solar térmica instalada en la ciudad era de 1.650 m², promovida en su mayor parte por el Ayuntamiento de Barcelona.

²⁰. Balance de los diez años de la Ordenanza solar térmica de Barcelona. Agencia de Energía de Barcelona

Desde la aprobación en 2002 del Plan de mejora energética de Barcelona (PMEB), se inició el seguimiento de la aplicación de la OST con el objetivo de conocer su grado de aceptación, contabilizar con detalle las instalaciones y superficie implantadas, y determinar el estado y nivel de operatividad de las instalaciones ya existentes.

La experiencia acumulada por la administración local durante los primeros años de aplicación de la Ordenanza, y la identificación de sus puntos fuertes y débiles, llevó a plantear una revisión del texto que se llevó a cabo durante los años 2004 y 2005, y que tuvo en cuenta, además de la experiencia municipal, la de otros municipios y ciudades que también habían desarrollado esta norma. El mismo año se constituyó una mesa de participación -la Mesa Solar²¹-, para debatir sobre la aplicación y las posibilidades de mejora del texto, en la que se consensuó la modificación del texto de la Ordenanza que finalmente se aprobó. El nuevo texto introducía cambios relacionados con el ámbito de actuación de la Ordenanza, restringiendo las exenciones, estableciendo las condiciones para la certificación de las instalaciones y los criterios técnicos para su uso y mantenimiento, y armonizándolo con otras normas de rango estatal o autonómico.

21. Los agentes que participaron en la Mesa Solar fueron los siguientes: Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, Colegio de Ingenieros Industriales de Cataluña, Asociación de Profesionales de las Energías Renovables (APERCA), Asociación Española de Empresas de Energía Solar y Alternativas (ASENSA), Colegio de Administradores de Fincas de Barcelona, Asociación de Promotores y Constructores de Edificios de Barcelona, Organización de Consumidores y Usuarios de Cataluña, Asociación para la Promoción de las Energías Renovables y Ahorro Energético (BARNAMIL), Instituto Municipal del Paisaje Urbano y Calidad de Vida, Patronato Municipal de la Vivienda, Colegio de Arquitectos de Cataluña, Ayuntamiento de Barcelona, Instituto Catalán de Energía, Gremio de Instaladores de Barcelona, FERCA y Agencia de Energía de Barcelona.

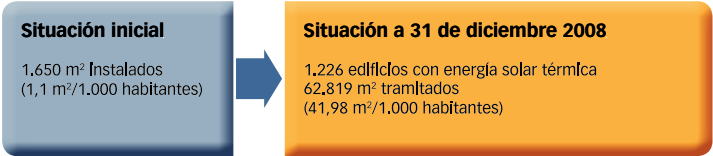
La implantación de la Ordenanza solar térmica

A 31 de diciembre de 2008, y como fruto de la implantación de la nueva Ordenanza, se habían instalado sistemas de captación solar térmica para la producción de agua caliente en 1.226 edificios de la ciudad, con una superficie total de captación de 62.819 m².

Las instalaciones obligadas por la Ordenanza se estima que generarán un ahorro energético de unos 50.255 MWh/año²². En la actualidad, el sector doméstico y residencial es el que tiene un mayor porcentaje de superficie solar térmica tramitada, con un 69% del total de la ciudad, seguido del hotelero, con un 16%.

El número de edificios afectados desde la entrada en vigor de la Ordenanza en 2000 ha experimentado un crecimiento sostenido desde entonces. En 2006, sin embargo, se produjo un punto de inflexión debido al gran número de edificios afectados y al boom de la construcción hasta 2008.

FIGURA 92 | EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN BARCELONA



22. Se ha estimado una producción de energía final de 800 kWh/m² de superficie de captación solar térmica. Fuente: Plan de mejora energética de Barcelona. 2002.

FIGURA 93 | DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE SOLAR TÉRMICA POR USOS (2008)

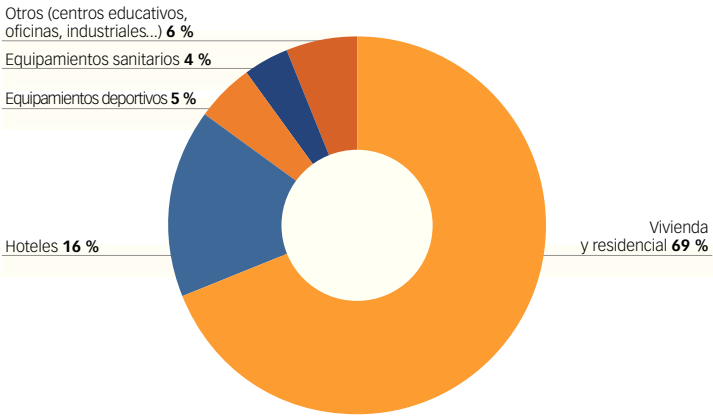
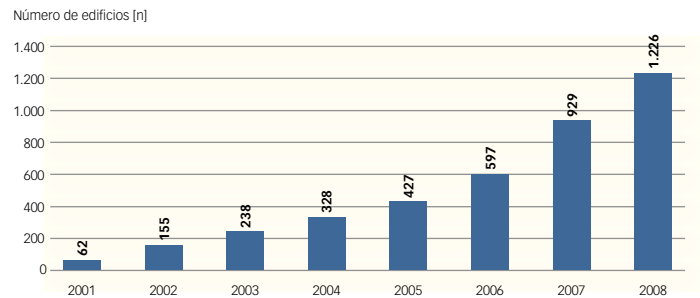


TABLA 28 | DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO DE EDIFICIOS Y DE LA SUPERFICIE SOLAR TÉRMICA POR USOS (2008)

Usos	Número de edificios con energía solar térmica	Superficie de captación solar (m²)
Vivienda y residencial	959	43.231
Hoteles	115	10.198
Equipamientos deportivos	20	3.125
Equipamientos sanitarios	25	2.223
Otros (centros educativos, oficinas, industriales...)	107	4.4041
Total	1.226	62.819

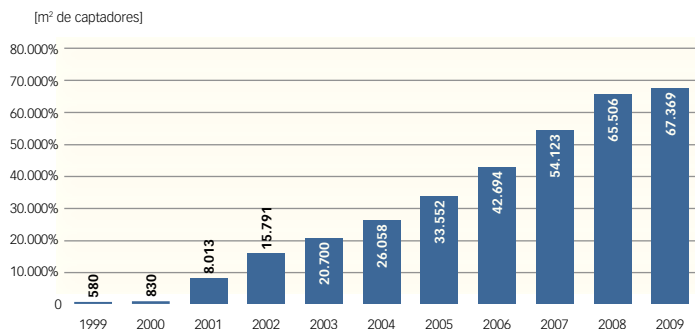
FIGURA 94 | EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE EDIFICIOS AFECTADOS POR LA OST (2001-2008)



Entre los años 2006 y 2007 se detectó un cambio de tendencia en lo que se refiere al número de edificios afectados por la nueva normativa, ya que éste se duplicó. La evolución de la superficie solar tramitada, en cambio, no siguió la misma tendencia, puesto que el aumento no fue tan pronunciado como cabía esperar.

Este hecho fue debido, fundamentalmente, a que los nuevos edificios que debían incorporar instalaciones térmicas eran, en su mayoría, de dimensiones reducidas, por lo que la superficie imputable no tuvo una repercusión significativa sobre la superficie solar tramitada para el resto de tipologías de edificios que ya tenían en cuenta la norma anterior.

En todo caso, el considerable aumento de la superficie de captación solar térmico producto de la aplicación de la Ordenanza, sumado a la superficie instalada antes de su aplicación y a la de las instalaciones ejecutadas al margen de la Ordenanza -básicamente a iniciativa del Ayuntamiento de Barcelona-, supuso que la superficie total, implantada o en proyecto, superase los 65.506 m² en 2008. Esta cifra multiplicaba por 40 la anterior a la aprobación de la OST.

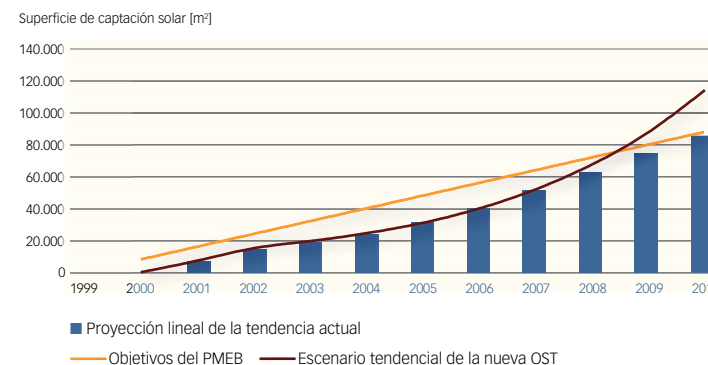
FIGURA 95 | EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE CAPTACIÓN SOLAR TÉRMICA TOTAL (1999-2009)

La relación entre superficie de captación solar tramitada y población alcanzó los 41,98 m²/1.000 hab, valor muy elevado si se compara con la ratio anterior a la aplicación de la OST (1,1 m²/1.000 hab), y que está en consonancia con los del resto de Europa y muy por encima de la media estatal.

Debe recordarse que el Plan de mejora energética de Barcelona (PMEB) fijaba el objetivo de alcanzar en 2010 los 96.300 m² de captadores instalados en la ciudad, con una generación térmica de 77.810 MWh/año (280.000 GJ/año). De esta superficie, se estimaba que 88.015 m² serían fruto de la aplicación de la OST.

Con la modificación del texto de la Ordenanza, en el que se suprimía el límite de afectación, y su entrada en vigor a mediados de 2006, se previó que aumentaría el número de edificios obligados a instalar sistemas de energía solar térmica y se superarían ampliamente los objetivos previstos en el PMEB. Los datos de 2007 y 2008, sin embargo, confirmaban que no se alcanzarían dichos objetivos, ya que el número de viviendas afectadas –y que antes no lo estaban- era muy reducido.

No obstante, según datos de 2010, casi había alcanzado el objetivo previsto en el PMEB de instalar 88.015 m² de captadores solares térmicos como resultado de la aplicación de la Ordenanza solar térmica, ya que a 31 de diciembre se habían contabilizado 87.600 m².

FIGURA 96 | COMPARATIVA ENTRE LA TENDENCIA REAL DE EVOLUCIÓN DE LA OST Y EL ESCENARIO TENDENCIAL PREVISTO POR LA NUEVA OST

Los mecanismos de implantación y los retos superados

Como ya se ha apuntado, el principal impulsor de la energía solar térmica en Barcelona fue el Ayuntamiento, el cual, con una clara voluntad política, desarrolló una normativa pionera.

Inicialmente, la medida generó mucho recelo y desconfianza entre los distintos agentes implicados, por lo que se planteó un año de moratoria antes de hacer efectiva su aplicación. El recelo no era infundado, ya que la experiencia reciente en España era escasa y el recuerdo de las iniciativas frustradas de los años setenta estaba todavía presente en la memoria del sector.

Este carácter pionero de la Ordenanza solar también supuso en sus inicios algunas disfunciones en lo que se refiere a su implantación. Por un lado, debido a la poca experiencia municipal en la redacción y aplicación de

una norma de estas características (sobre todo a la hora de concretar las exenciones), y por el otro, a la falta de referentes legales a la hora de elaborar el texto y definir los protocolos de actuación.

La aplicación de una norma que obliga a la introducción de un nuevo elemento en los edificios -como es el caso de las instalaciones solares térmicas-, exigía al propio Ayuntamiento introducir mecanismos de gestión que permitieran controlar el cumplimiento de la Ordenanza y realizar el seguimiento de su implantación en la ciudad. Por este motivo, la administración local se dotó, por medio de la Agencia de Energía de Barcelona, de los instrumentos necesarios para definir los protocolos de revisión de expedientes y el circuito administrativo a seguir, con el objetivo de garantizar el éxito de las instalaciones, desde su diseño hasta su puesta en marcha.

Estos instrumentos de gestión culminaron con la entrada en funcionamiento de un gestor de tramitación de proyectos de instalaciones on-line que, puesto a disposición de los distintos actores, promotores, proyectistas y técnicos supervisores. Dicho gestor tenía como objetivo aportar a estos agentes la información necesaria para la tramitación y estandarización de los criterios de diseño y redacción que permitieran cumplir la OST, optimizando los procedimientos administrativos y agilizando los trámites.

Si bien los propios agentes reconocían en un principio que no se estaba preparado para afrontar el reto con todas las garantías, y que eran muchas las incertidumbres al respecto, la perspectiva que da el tiempo transcurrido y el análisis de los resultados conseguidos, ha demostrado que no se puede esperar a tener la experiencia suficiente para impulsar una iniciativa tan importante como ésta.

La inexperiencia, en efecto, ha comportado algunos errores en las instalaciones ejecutadas, y algunos vacíos existentes en la Ordenanza han tenido que ser corregidos y puestos al día -como, por ejemplo, el seguimiento y mantenimiento de las instalaciones en la revisión realizada en 2006-, pero las dificultades han ido superándose, y en general todos los actores están de acuerdo en afirmar que la operatividad y eficacia conseguidas con el esfuerzo de todos ha permitido progresar en la implantación de la energía solar térmica en la ciudad.

En este sentido, debe valorarse la OST de Barcelona como un paso fundamental en la normalización de esta energía en España, y su impacto ha sido claramente superior al que se podía imaginar en el momento de su aprobación.

Los nuevos retos: repotenciar la energía solar térmica

Si bien la energía solar térmica es una realidad en Barcelona, continúan existiendo retos en la gestión cotidiana, en la aplicación real y en el uso y el mantenimiento de las instalaciones realizadas.

El principal objetivo de futuro es tener información suficiente sobre el estado de las instalaciones ejecutadas bajo la aplicación de la OST. Al margen de la superficie instalada, debe conocerse cuántas instalaciones funcionan correctamente, en qué medida están contribuyendo al ahorro de energía y qué problemas o dificultades tienen los usuarios a lo largo de la vida de las instalaciones. Esta información tiene que permitir definir estrategias y líneas de actuación para garantizar el buen funcionamiento de dichas instalaciones y optimizar el recurso solar.

Otro reto importante es introducir los sistemas solares térmicos en los edificios existentes, y sobre los cuales la Ordenanza no tiene efecto alguno. Por tanto, es necesario impulsar nuevas medidas de promoción que resulten más eficaces que las aplicadas hasta el momento.

En último lugar, pero no por ello menos importante, queda otra asignatura pendiente: la aplicación de los sistemas solares térmicos para otros usos (no sólo para la generación agua caliente), como la climatización solar, la generación de electricidad o la inyección de calor a las redes de climatización de distrito.

Por su magnitud y potencial de ahorro de energía, éstos son los retos para los próximos años en el ámbito de la energía solar térmica en Barcelona, al que se debe sumar la aprobación la Ordenanza Solar Fotovoltaica.

Debe valorarse la OST de Barcelona como un paso fundamental en la normalización de esta energía en España, y su impacto ha sido claramente superior al que se podía imaginar en el momento de su aprobación.

2.4.3 – LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La potencia fotovoltaica instalada en 2008 alcanzó los 6.116,5 kWp; un 27% en espacios municipales y el resto (73%) en espacios privados.

Este valor representó un salto importante con respecto a años anteriores, cuando la potencia era de 296 y 832 kWp, respectivamente. Este incremento se explica, en primer lugar, por las políticas y actuaciones municipales favorables a las energías renovables, como la puesta en funcionamiento de la primera fase de la pérgola fotovoltaica de la zona Fórum (que supuso multiplicar casi por tres la potencia total instalada en 2003), la realización de instalaciones en escuelas y, más recientemente, la implantación de 270 kWp en equipamientos municipales, y la finalización de la segunda fase de la planta fotovoltaica de Fórum, de 650 kWp.

En segundo lugar, el aumento respondió a los atractivos económicos del régimen de retribución de las instalaciones fotovoltaicas sobre tejado, hecho éste que estimuló el sector privado a cubrir numerosas cubiertas industriales con placas fotovoltaicas. Como ejemplo, Feria de Barcelona instaló 1,2 MWp en 2008.

La energía generada por el conjunto de estas instalaciones en 2008 fue de 7,62 GWh, cifra que representa un incremento anual del 226% desde 2004.

FIGURA 97 | EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA FOTOVOLTAICA INSTALADA EN BARCELONA, TOTAL Y SEGÚN SU TITULARIDAD (1999-2008)

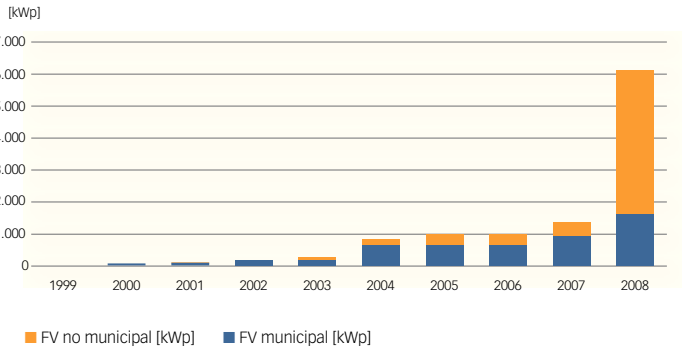


TABLA 29 | EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA GENERADA EN LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS EN BARCELONA, 1999-2008

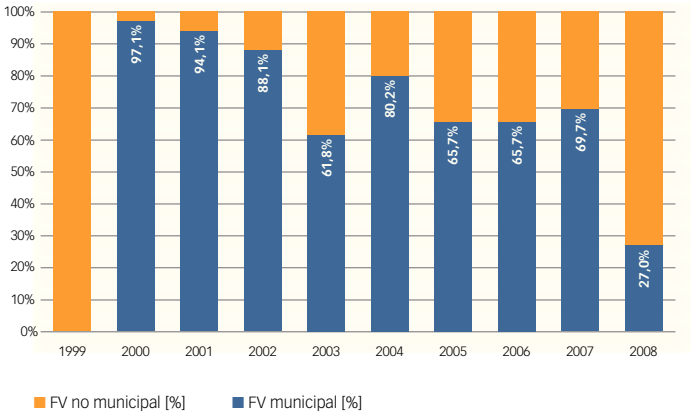


FIGURA 98 | EVOLUCIÓN DE LA TITULARIDAD DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS EN BARCELONA (1999-2008)

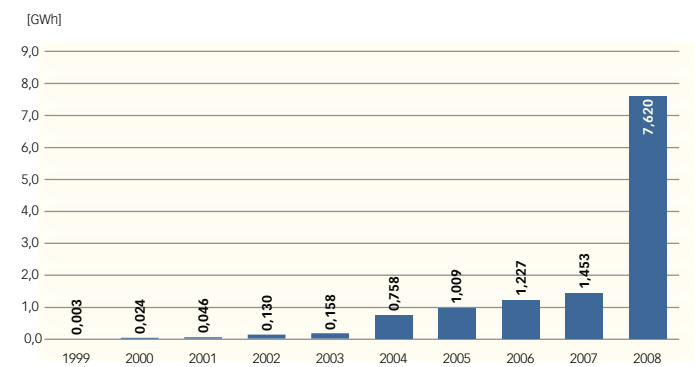


FIGURA 99 | EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA GENERADA EN LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS EN BARCELONA (1999-2008)

FV [kWp]	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
FV municipal [kWp]	0,0	85,2	120,4	183,1	183,1	667,1	667,1	667,1	947,7	1.649,0
FV NO municipal [kWp]	2,5	2,5	7,6	24,8	113,0	165,2	348,6	348,6	412,9	4.467,6
FV total [kWp]	2,5	87,7	128,0	207,9	296,1	832,3	1.015,7	1.015,7	1.360,6	6.116,5

2.4.4 - EL BIOGÁS

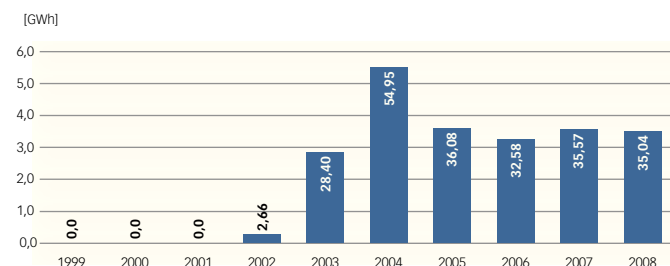
La red de ecoparques donde se tratan los residuos municipales de Barcelona y de su área metropolitana (Ecoparque 1 de Barcelona, Ecoparque 2 de Montcada i Reixac y Ecoparque 3 de Sant Adrià) producen biogás para usos energéticos.

En 2008 se generaron 9.153 m³ en el Ecoparque 2 de Montcada i Reixac y 1.125.394 m³ en el Ecoparque 3 de Sant Adrià. Con el biogás procedente del Ecoparque 2 se generaron directamente 20,18 MWh de electricidad, mientras que el Ecoparque 1 de Barcelona, de manera excepcional, no generó energía con este recurso. El Ecoparque 3, finalmente, produjo electricidad de forma indirecta en la Planta de valorización energética del Besòs, ya que ambas instalaciones están situadas una junto a la otra.

Hay que tener en cuenta que en el balance energético de Barcelona se contempla una producción eléctrica proporcional a la cantidad de residuo orgánico enviada por la ciudad al Ecoparque 2, y que en 2008 representó un 11% del residuo total recibido. Esto representa 2,22 GWh de electricidad.

Con respecto al vertedero de la Vall d'en Joan (clausurado en 2007 pero que continúa generando electricidad con el biogás producido por la descomposición de la materia orgánica acumulada), se considera también que una parte proporcional de la generación eléctrica total (55,21 GWh en 2008) corresponde a Barcelona. Por esta razón, la producción de dicha instalación se pondera al 59,44%, porcentaje que corresponde a la cantidad de residuos que la ciudad aportó los últimos años con respecto al total de residuos depositados. Esto representa en balance energético una generación eléctrica imputable de 32,82 GWh en 2008. Así pues, en dicho año se generaron en total 35,04 GWh.

FIGURA 100 | EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA GENERADA CON BIOGÁS EN BARCELONA (1999-2008)

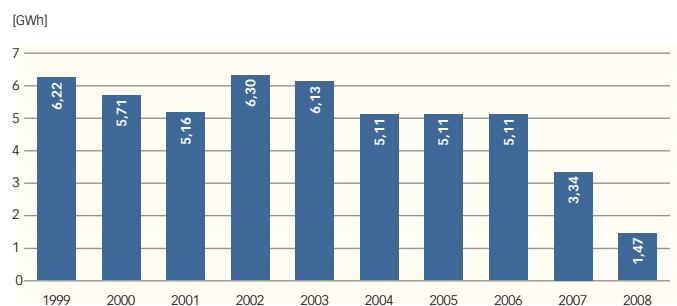


2.4.5 - LA MINI HIDRÁULICA

Estimando los datos de 2005 y 2006 a partir de la producción de 2004, la energía generada en 2008 con tecnología minihidráulica fue de 1,4 GWh. Los dos años con mayor producción fueron 2002 y 2003.

Dado el régimen pluviométrico de las cuencas fluviales catalanas que alimentan la instalación minihidráulica de Trinitat, no se contempla que se supere el límite de 6 GWh, pero deberían analizarse en concreto los datos de 2009, ya que éste fue un año muy lluvioso.

FIGURA 101 | EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA GENERADA CON MINI HIDRÁULICA EN BARCELONA (1999-2008)



2.5 - El suministro energético

2.5.1 - EL SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD

Las características de la red

Barcelona está alimentada por un red de 400 kV desde las subestaciones situadas en los municipios de Sentmenat, Rubí, Pierola y Begues. De estas cuatro subestaciones parten líneas de 220 y 110 kV que entran en Barcelona principalmente por las subestaciones de Hospitalet de Llobregat, Santa Coloma de Gramenet, Sant Andreu y Besòs. Las líneas (aéreas) y cables (subterráneos) que forman actualmente la red eléctrica de Barcelona se clasifican según su tensión en:

- La red de alta tensión (AT). Con una longitud total de 188 km, está formada por cableado de 220 kV (64%) y 110 kV (36%). Su principal función es la distribución, pero por su nivel de tensión forma parte de la red de transporte.
- La red de media tensión (MT). La forman líneas de 25 y 11 kV. El mallado y la coexistencia de estas redes tiene su origen en la existencia de tres empresas distribuidoras que operaban en Barcelona con criterios de explotación y mantenimiento diferenciados. Las nuevas líneas se diseñan a 25 kV, pero todavía se continúan sustituyendo equipos viejos a 11 kV por otros nuevos a la misma tensión.
- La red de baja tensión (BT). Con una longitud total de 3.084 km, enlaza los centros de transformación con el usuario final. También coexisten distintos niveles de tensión -220/127 V y 380/220 V-, aunque progresivamente se irán substituyendo los circuitos de 220/127 V por 380/220 V con el objetivo de homogeneizarlos.

La heterogeneidad de la composición de la red de distribución conlleva que resulte compleja de operar; sobre todo la de baja tensión, ya que es la que más influye en la percepción de la calidad por parte del cliente. La transformación de tensión en Barcelona hasta el usuario se realiza mediante 22 subestaciones AT/MT, enlazadas por líneas de MT con los

distintos centros de reparto (CR) y los centros de transformación MT/BT (CT). La potencia total de transformación instalada actualmente en el área de Barcelona es de 6.617 MVA.

Para satisfacer las futuras demandas de la ciudad, la planificación de la red de transporte prevé la implantación de 3 nuevas subestaciones de 400 kV en torno a Barcelona (concretamente, en los municipios de Viladecans, Santa Coloma de Gramenet y Sant Just Desvern), su conexión a la red de transporte y el mallado entre éstas y las ya existentes, actuaciones que permitirán aproximar la red de 400 kV a la ciudad. También está prevista la implantación de 8 nuevas subestaciones de 220 kV para dar cobertura a las demandas energéticas futuras, la aproximación de los puntos de suministro al usuario final y la mejora de la seguridad y la calidad de dicho suministro. La implantación de las nuevas subestaciones lleva asociada, asimismo, el tendido de líneas de 220 kV (subterráneas) para su alimentación y mallado.

Por otro lado, la aprobación de la Ley 18/2008 sobre la garantía y calidad del suministro eléctrico de Cataluña, establece unos criterios de desarrollo de líneas eléctricas que supondrá una modificación y mejora de la red eléctrica de Barcelona. De acuerdo con esta ley, el 90% de los suministros de Barcelona deberán ser servidos desde dos subestaciones distintas.

Los parámetros de evaluación de la calidad

Para valorar la calidad de la red eléctrica, se utilizan distintos indicadores que permiten medir el tiempo y el número de interrupciones que se producen y que afectan el buen funcionamiento del suministro eléctrico.

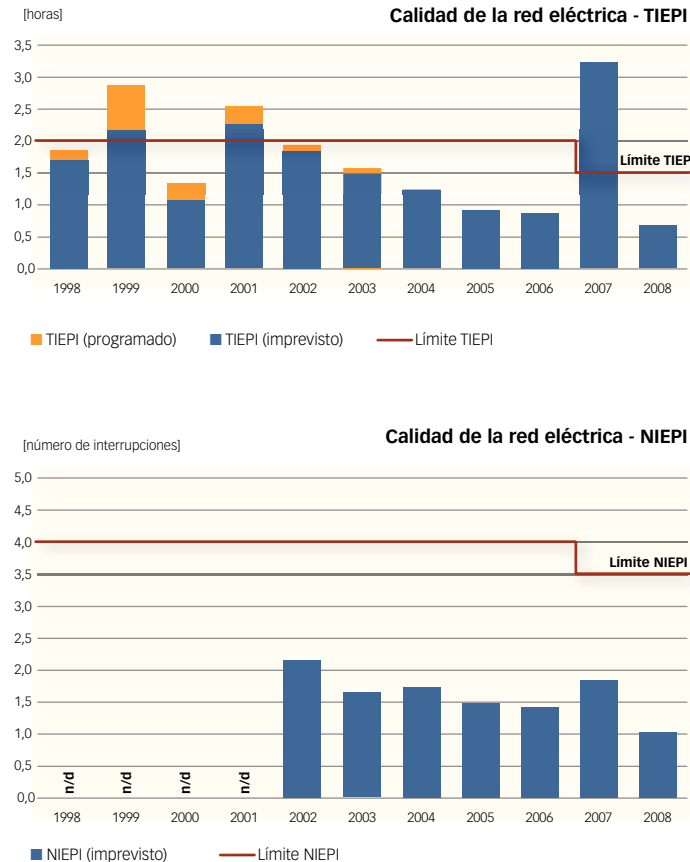
Uno de estos indicadores es el TIEPI, o Tiempo de Interrupción Equivalente de la Potencia Instalada, que expresa el tiempo equivalente durante el que se interrumpe toda la potencia instalada en un territorio determinado. El TIEPI puede ser programado, cuando las interrupciones se prevén con antelación para realizar actuaciones de mantenimiento de la red u otros trabajos, o imprevisto, cuando se producen interrupciones no previstas asociadas a fallos del sistema.

La evolución del TIEPI en Barcelona ha tenido una tendencia a la baja en los últimos seis años. De esta forma, en 2006 se situó en las 0,86 horas, cifra inferior al límite de calidad de servicio establecido por el Real Decreto 1634/2006, y que para una zona urbana como Barcelona establece un límite de 1,5 horas (anteriormente este límite era de horas, según el Real Decreto 1955/2000). En 2007, sin embargo, el valor de este indicador experimentó un gran aumento debido al apagón producido en el mes de julio, y que dejó 330.000 abonados sin servicio eléctrico durante algunos días.

Otro indicador de la calidad de la red es el NIEPI, o Número de Interrupciones Equivalente de la Potencia Instalada. Su evolución en Barcelona se ha mantenido constante en los últimos años, y en ningún caso se ha superado el límite de calidad de servicio, establecido en 4 interrupciones equivalentes en el Real Decreto 1955/2000 para los años anteriores a 2007, y en 3 interrupciones equivalentes en el Real Decreto 1634/2006 para 2007 y los años siguientes.

A la hora de valorar estos datos, hay que tener en cuenta que, según la Orden ECO/797/2002 sólo se contabilizan aquellas interrupciones superiores a 3 minutos, tanto para el TIEPI como para el NIEPI.

FIGURA 102 | EVOLUCIÓN DE LOS INDICADORES TIEPI Y NIEPI EN BARCELONA (1999-2008)



Fuente: Generalitat de Catalunya

A pesar de que el Ayuntamiento de Barcelona no tiene competencias sobre el transporte y la distribución de energía eléctrica²³, sí participa en la Comisión Mixta que realiza el seguimiento de la ejecución de las inversiones previstas en los planes de inversión quinquenales y anuales en las instalaciones de transporte y distribución situadas en Barcelona (desde la publicación de la Ley de Garantía y Calidad del Suministro Eléctrico -LGQ-SE- en 2008).

En todo caso, el Ayuntamiento, considerando la importancia que tiene para los ciudadanos y la economía de la ciudad un buen servicio y calidad del suministro eléctrico, mantiene con la compañía distribuidora distintos convenios de colaboración en los que se definen las actuaciones a realizar para renovar y mejorar la red eléctrica en los próximos años.

A la hora de dimensionar con detalle los esfuerzos de inversión y mejorar en la red eléctrica, el Ayuntamiento considera necesario evaluar la calidad del servicio de suministro eléctrico según diversos parámetros, además de los indicadores TIEPI y NIEPI:

- **GARANTÍA DEL SUMINISTRO**

Los indicadores TIPI y NIEPI intentan reflejar la calidad del servicio con respecto al número y duración de las interrupciones, pero las deficiencias a la hora de calcular dichos indicadores (como, por ejemplo, el nivel de agregación) hace que no sean suficientes para llevar a cabo una valoración adecuada.

Estos dos indicadores, según prevé la legislación actual, se ofrecen agrupados por municipios, por lo que es necesario disponer de información más detallada que permita tener datos sobre zonas o clientes que exigen mayores garantías.

²³. El Gobierno de España es la administración competente en materia de transporte de energía eléctrica. La "*Planificación de los Sectores de Electricidad y Gas 2008-2016*" del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo determina el desarrollo de las redes de transporte en el conjunto del estado, incluidas las actuaciones previstas en Barcelona. Se prevé que este documento sea revisado para ajustar el ritmo de inversiones a la disminución de la demanda. La Generalitat de Cataluña tiene las competencias de distribución de la energía eléctrica en el territorio catalán

- **FIABILIDAD DE LA RED**

Parámetro que representa la probabilidad de que un sistema funcione correctamente en un instante determinado. Se expresa en porcentaje o en tiempo de indisponibilidad estimado, y es un factor clave en el momento de tomar decisiones sobre planificación de la red eléctrica. Pueden utilizarse varios índices para evaluar el seguimiento de este parámetro, tanto de la red actual como de la prevista en el futuro.

- Tasa de fallo (λ): número de faltas anuales que se producen en un determinado elemento.
- Tiempo esperado para la falta (ETTF): período de tiempo en el que se producirá la primera falta en el elemento que corresponde.
- Fiabilidad (R): probabilidad de que un elemento funcione correctamente durante un tiempo determinado.
- Probabilidad de fallo (Q): probabilidad de que un elemento no funcione correctamente durante un tiempo determinado.

- **CALIDAD DEL PRODUCTO O CALIDAD DE LA ONDA DE TENSIÓN**

Este parámetro muestra la característica de la tensión suministrada de mantenerse dentro de unos límites aceptables de perturbación. No tiene en cuenta, sin embargo, las interrupciones de suministro de larga duración.

Dado que la calidad de la onda de tensión no es percibida y valorada de manera homogénea por todos los usuarios, sería necesario plantear una adaptación en función del impacto a cada cliente para valorar la necesidad y justificación de la inversión en la red con relación al coste de otros sistemas de atenuación de los efectos de alteración de la onda.

Los índices que permiten realizar la evaluación y el seguimiento de este parámetro son los siguientes:

- Tiempo medio fuera de los límites de las variaciones del valor eficaz de la tensión ($-7\% < UN < +7\%$)
- Número medio de interrupciones breves (menos de 3 minutos).
- Duración media de las interrupciones breves.

- CALIDAD COMERCIAL O CALIDAD DEL SERVICIO DE ATENCIÓN AL CLIENTE Y RELACIÓN CON LA COMPAÑÍA

La atención que recibe el cliente y su relación con la compañía proveedora de los servicios contratados o por contratar, influye de manera especial sobre la percepción global de la calidad del/los servicios/s. El suministro del producto electricidad no es una excepción.

Así pues, en el ámbito de la energía eléctrica, debe definirse la calidad comercial como la percepción que tiene el usuario del grado de cumplimiento o la satisfacción con un conjunto de servicios comerciales asociados al suministro eléctrico, independientemente de quién sea el responsable.

Los servicios de atención al cliente que condicionan la calidad comercial se pueden determinar antes de contratar el suministro y durante dicho contrato. Se propone, en este sentido, generar unos índices que reflejen la calidad comercial de manera objetiva, y que permitan, a su vez, llevar a cabo el seguimiento del servicio de estas empresas comercializadoras de electricidad.

- SOSTENIBILIDAD DE LA RED

Estos parámetros persiguen minimizar el impacto ambiental en la planificación de las mejoras y ampliaciones de la red de infraestructuras eléctricas, y en el modelo de generación y consumo de la electricidad. La definición de unos índices de sostenibilidad de la red obedece a la necesidad de responder a preguntas como:

- ¿Son adecuadas las propuestas y actuaciones de mejora o ampliación de la infraestructura desde el punto de vista ambiental? ¿Qué se está haciendo para minimizar el impacto?
- ¿Qué papel juegan la generación total y la distribución de energía eléctrica en la mejora de la eficiencia energética? ¿Qué se está haciendo para evitar el sobredimensionamiento de la red de transporte y contribuir a la contención del incremento de la demanda eléctrica?
- ¿Cómo ha afectado el bienestar de los ciudadanos la calidad el suministro eléctrico actual? ¿Qué desigualdades se aprecian en los ámbitos social y económico como consecuencia de las condiciones actuales de suministro? ¿Cómo valoran los distintos clientes la relación incremento del coste de la energía-aumento de la calidad del suministro?

Para dar respuesta a estas preguntas, se propone evaluar inicialmente 7 indicadores de sostenibilidad agrupados en 3 tipos: ambientales, de eficiencia y socioeconómicos. Con los datos disponibles, se han planteado los índices siguientes:

- Indicadores ambientales: afectación de las instalaciones e impacto sobre el suelo/subsuelo.
- Indicadores de eficiencia: generación local y generación mediante energías renovables.

FIGURA 103 | RED ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN DE BARCELONA



2.5.2 - EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL

Las características de la red

La longitud total de la red de gas natural en Barcelona es de 1.553 km, de los cuales 14 km corresponden a la pequeña parte de la red de transporte que rodea Barcelona, y los 1.539 km restantes a la red de distribución. Un 80% son de baja presión y sólo un 6% de alta presión.

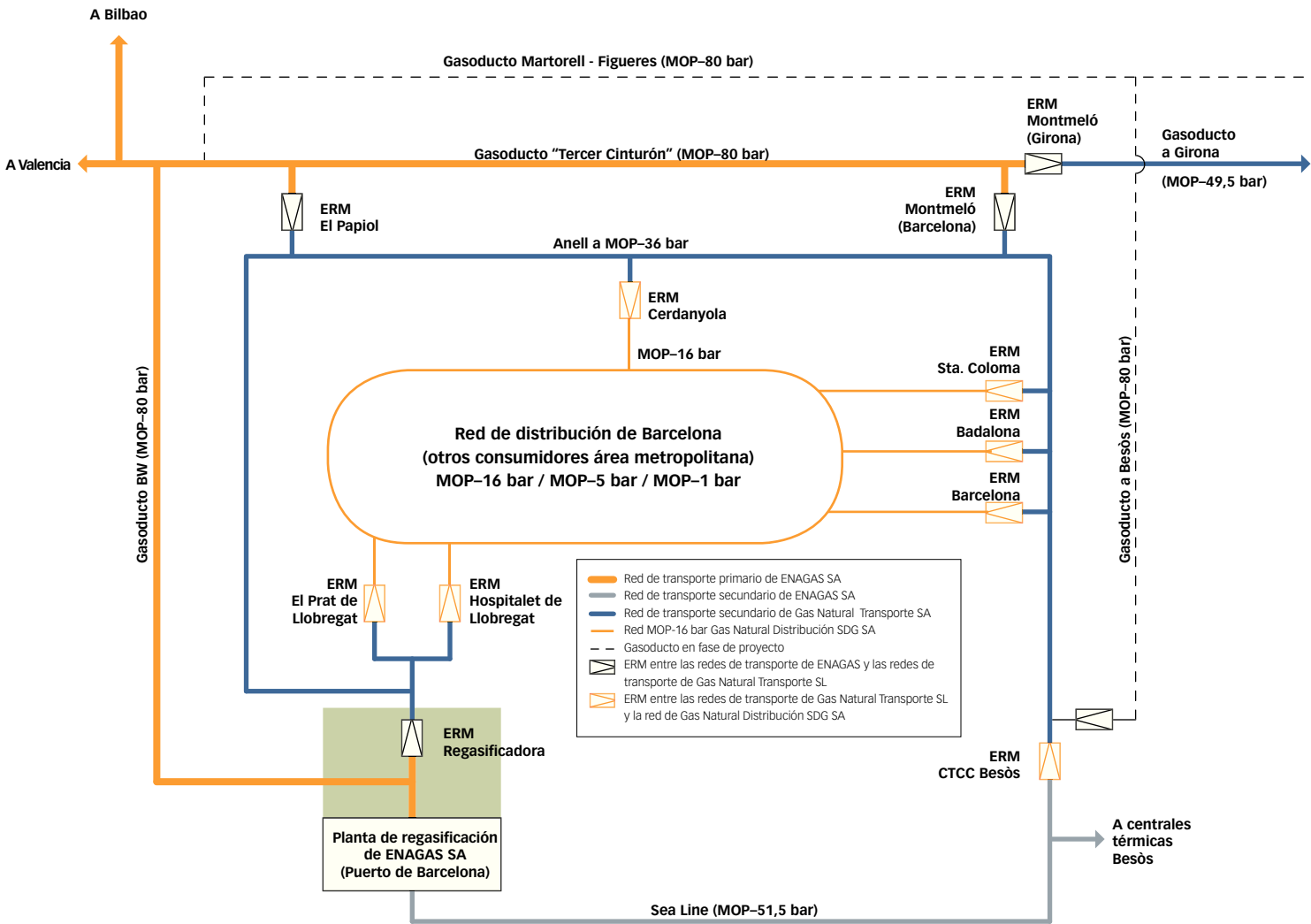
La distribución y el transporte de gas natural se realizan mediante gasoductos presurizados que trabajan a diferentes rangos de presión. Los datos de presión se lleva a cabo en las estaciones de regulación y medición (ERM) y en los armarios de regulación (AR), equipos situados en la vía pública (aéreos o subterráneos) y diseñados para que al consumidor le llegue el suministro en el rango de presión adecuado (22 mbar para el consumo doméstico y diversos rangos para el consumo industrial, en función del proceso).

La red de distribución en Barcelona se alimenta de la red de transporte mediante 6 ERM distribuidos en 3 zonas estratégicas (Zona Besòs: 3 ERM para la conexión desde el este; Zona Llobregat: 2 ERM para la conexión desde el sudoeste; Zona Interior: 1 ERM para la conexión desde el norte-noroeste). Están en proyecto los futuros gasoductos de transporte Martorell-Figueres y Besòs). Además de las ERM y gasoductos de distribución y transporte, el sistema de gas en Barcelona cuenta con una planta de regasificación de Enagas situada en el Puerto de Barcelona que recibe el gas natural licuado de los barcos, lo almacena y lo envía a la red de transporte. La red de gas actual abarca prácticamente todas las zonas habitadas, con la excepción de las nuevas zonas urbanísticas, donde se prevé un grado de desarrollo más elevado.

Además de estos núcleos, donde se espera un aumento de la demanda de consumo doméstico, se incluyen los nuevos grandes consumidores del sector industrial (energético) concentrados principalmente en:

- Centrales térmicas de ciclo combinado Besòs 5: 2 de 400 MW. (puestas en servicio en 2010).
- Centrales térmicas de ciclo combinado del Puerto de Barcelona: 1 y 2, de 400 MW eléctricos cada uno (puestas en servicio también en 2010).
- Central de frío y calor centralizada (District heating & cooling) en el ámbito del 22@ (puesta en funcionamiento en 2011).
- Central de energías Zona Franca-Gran Vía Hospitalet, con una posible ampliación como central de frío y calor centralizada (District heating & cooling, puesta en servicio en 2011).

FIGURA 104 | ESQUEMA DE CONEXIÓN ENTRE LA RED DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL Y LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE BARCELONA



Fuente: Informe de la calidad de los servicios de suministro de gas en Barcelona (QSSGB)

Las infraestructuras en proyecto

En los alrededores de Barcelona está previsto construir dos gasoductos: el Martorell-Figuera y el del Besòs. Éste último conectará el primero con las centrales térmicas de ciclo combinado de la zona. Aunque esta infraestructura no afecta directamente al suministro de gas natural a la ciudad –dado que no está prevista conexión alguna con la red de distribución–, en un futuro sí podría realizarse dicha conexión.

En cuanto al documento Planificación de los sectores electricidad y gas 2008-2016. Desarrollo de las redes de transporte, aprobado en Consejo de Ministros, éste no prevé ninguna nueva infraestructura de transporte en los gasoductos que suministran gas a Barcelona y su área metropolitana, por lo que, si se incluyen los dos gasoductos comentados en el párrafo anterior, la red de transporte ya está dimensionada para atender la previsión de demanda en el horizonte 2008-2016.

En cambio, se ha ampliado la capacidad de almacenaje de gas natural en el puerto de Barcelona, que actualmente es de 540.000 m³. En el período 2010-2011 se construyeron dos depósitos más (el 7º y 8º de la planta de Barcelona), con una capacidad unitaria de 150.000 m³, y se retiraron del servicio los tres tanques más antiguos y pequeños (dos de 40.000 m³ y uno de 80.000 m³).

En el ámbito de las inversiones realizadas en los últimos años, se tiene que hacer referencia también a la ampliación de la capacidad de las infraestructuras hasta un volumen total de 250.000 m³ (máxima capacidad de atraque de barcos metaneros), y a la ampliación de la capacidad de emisión de la planta de regasificación hasta los 1.950.000 Nm³/h.

En este sentido, en 2010 finalizaron las actuaciones para mejorar la capacidad de la planta de regasificación del puerto de Barcelona, y se cubrieron las necesidades planteadas en el horizonte 2008-2016. Por este motivo, no se esperan grandes cambios en la planificación de la red de gas natural en el horizonte 2012-2020 que Enagas está empezando a definir.

LA CALIDAD DEL SERVICIO ENERGÉTICO

Para realizar un seguimiento de los parámetros de calidad de la red de gas natural, en los próximos años deberán llevarse a cabo algunos cambios, ya que actualmente el Ayuntamiento de Barcelona, cuando tiene acceso a los datos, los recibe de forma muy puntual y dispersa.

Se debería garantizar, por tanto, una adecuada planificación y gestión de las infraestructuras, así como la calidad comercial y la información a los usuarios. En este sentido, el Ayuntamiento está trabajando en un nuevo convenio con las empresas energéticas fruto de las reuniones de la Mesa de infraestructuras de servicios urbanos, en la que se plantean los acuerdos para el futuro desarrollo y mejora de las infraestructuras de la ciudad.

Asimismo, deberían incluirse en la determinación de la calidad del servicio energético los parámetros indicados en apartados anteriores, y llevar a cabo el seguimiento de todos estos índices de manera centralizada. Sería conveniente además aplicar nuevos sistemas de información, actualizando los protocolos de comunicación. Sólo así se podrá tener una visión de conjunto de la calidad, y se podrá reaccionar a tiempo cuando se produzcan incidencias o situaciones de reacción preventivas.

En este sentido, el PECQ incluye las propuestas siguientes, descritas con más detalle en el capítulo de proyectos:

- Un sistema de información sobre la red y la calidad de los servicios energéticos.
- Un mecanismo de apoyo a la toma de decisiones sobre planificación de la infraestructura eléctrica.
- Actualización del protocolo de comunicación de incidentes en el suministro de electricidad y gas.

2.6 - Las emisiones de gases de efecto invernadero

2.6.1 - EL VOLUMEN Y LAS FUENTES DE EMISIONES

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)²⁴ de Barcelona en 2008 ascendieron a 4.053.765,5 t -considerando el mix eléctrico de Cataluña-, valor que corresponde a una ratio de 2,51 t/hab-año. La tasa de incremento medio anual entre 1999 y 2008 fue de -1,72%, ya que en 1999 se emitieron 4.737.299,9 t, con una ratio de 3,15 t/hab-año²⁵.

No toda la reducción de las emisiones durante estos años fue debida a la introducción de medidas de eficiencia energética o a una disminución del consumo (como sucedió con el consumo de gas natural), sino también a los cambios introducidos en la metodología aplicada en el Plan de mejora energética de Barcelona.

Así pues, durante la elaboración del PECQ se ha utilizado la metodología de cálculo de emisiones de GEI aplicada en el Puerto y en el Aeropuerto de Barcelona; se han actualizado las emisiones asociadas a los vehículos del parque móvil que circula por la ciudad (ya que los anteriores inventarios de emisiones habían considerado el parque móvil censado, considerablemente más antiguo y, por tanto, con un mayor volumen de emisiones que

el circulante); y se han actualizado también los factores de emisión del tratamiento de residuos, adaptándolos a las metodologías europeas. Por este motivo, el valor de las emisiones de GEI es inferior a las obtenidas con la aplicación del anterior procedimiento.

El 80,1% de las emisiones de GEI (3.247.101,3 t/año) tuvieron su origen en el consumo energético de la ciudad, mientras que el 19,9% restante estuvieron relacionadas con el tratamiento de los residuos municipales (8,1%) y la actividad portuaria y aeroportuaria (11,8%). El consumo energético fue, por tanto, el mayor responsable de las emisiones de GEI en la ciudad. Fueron responsables casi a partes iguales el consumo de gas (un 26,8% sobre el total), el de electricidad (un 26,7%) y el de petróleo de automoción (un 25,3%). El 1,3% restante correspondió al consumo de gases licuados del petróleo (GLP).

Por sectores, el transporte –incluyendo el eléctrico y el de gas natural- fue el principal emisor de GEI (26,2%), seguido del doméstico (20,6%) y del comercial y servicios (19,4%). La industria fue responsable del 13,5% del resto de las emisiones, y otros sectores (primario, energético, construcción y obras públicas) de un 0,5%.

Con relación a las emisiones de GEI asociadas al tratamiento de residuos municipales, un 0,6% (23.450 t) se produjeron en la planta de valorización de residuos de Sant Adrià, un 5,2% (212.420 t) en los vertederos y un 2,3% (91.710 t) en los tratamientos combinados de residuos municipales (ecoparque más incineración, ecoparque más vertedero, etc.).

24. Los gases de efecto invernadero (GEI) incluyen el dióxido de carbono (CO₂), el gas metano (CH₄), y el óxido nitroso (N₂O), principalmente. Existen también otros gases fluorados procedentes de la industria, pero no están directamente relacionados con el consumo energético. El CO₂eq o el GWP (Global Warming Potential) es un indicador que utiliza la capacidad de cada sustancia de contribuir al calentamiento global en una única cifra equivalente y referenciada al efecto que tiene el CO₂ [CO₂eq = GEI = CO₂ + 25 CH₄ + 298 N₂O]

25. Debido a variaciones en la metodología de cálculo y la actualización de los factores de emisión –aplicado tanto a los cálculos como a los datos históricos-, las cifras incluidas en el PMEB difieren ligeramente de las aquí apuntadas.

LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Como sucede en el caso de las emisiones procedentes de los sectores comercial y servicios, doméstico e industrial, cuyos datos proceden de la facturación, los sectores del transporte, tratamiento de residuos urbanos, Puerto y Aeropuerto requieren de la aplicación de una metodología directa o específica.

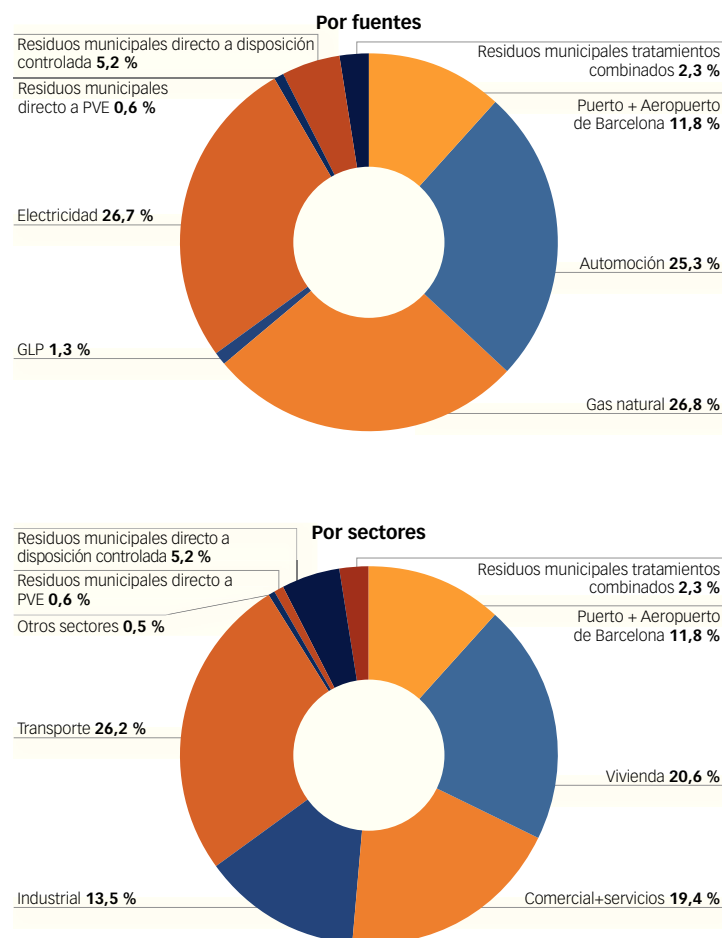
El Puerto de Barcelona. Dado que su actividad se lleva a cabo en el ámbito territorial de la ciudad, Barcelona asume el volumen total de las emisiones calculadas, aunque sirva también a otras zonas. El origen principal de estas emisiones son los buques de mercancías, los barcos de transporte de pasajeros, los remolcadores y servicios auxiliares, y la movilidad de camiones y automóviles en el interior del Puerto (esta movilidad no está incluida en el sector viario de la ciudad). Dichas emisiones incluyen el fondeo temporal de barcos en el exterior del puerto antes de entrar, así como la aproximación y la espera con los motores en marcha.

El Aeropuerto de Barcelona. Esta infraestructura se encuentra situada en el municipio de El Prat de Llobregat, pero es de vital importancia para la actividad de la ciudad. Según un estudio realizado en el marco del PECQ, el 48,1% de la actividad económica generada por el Aeropuerto recae en Barcelona; esta fracción representa el 10,7% del PIB de la ciudad. Por este motivo, se ha optado por asumir el 48% de las emisiones del Aeropuerto a Barcelona, que incluyen el *handling* y el ciclo LTO de los aviones (aterrizaje, taxi, despegue).

El transporte público. Sus emisiones se pueden obtener fácilmente analizando los consumos energéticos que controlan sus operadores. No obstante, las emisiones de la circulación viaria han requerido una aproximación específica que se detalla en el bloque 2 de este documento.

El tratamiento de residuos municipales. Las plantas de tratamiento de residuos gestionan basura procedente de varios municipios. Para asumir estas emisiones, se ponderan las asociadas a las distintas instalaciones en función de la cantidad de residuos procedentes de Barcelona. Los factores de emisión han sido actualizados con los últimos datos publicados por la Comisión Europea (propuestos en el informe *Waste Management options and Climate Change* de la Unión Europea).

FIGURA 105 | DISTRIBUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DE BARCELONA (2008)



2.6.2 - LA EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES

La evolución por sectores y fuentes de energía

Las emisiones de GEI en Barcelona entre 1994 y 2005 tuvieron una evolución caracterizada por un moderado crecimiento continuado –con las excepciones de los años 2003 y 2004- hasta alcanzar un máximo de 4.917.700 t. Entre 2005 y 2008 se produjo una fuerte disminución hasta las 4.053.800 t (valor inferior al de 1994, incluso).

De este modo, la tasa media anual de incremento entre 1999 y 2008 fue del -1,72%, decremento asociado a la reducción del consumo de gas natural, a la mejora de la eficiencia de los sistemas, y a la mejora también de la gestión del tratamiento de los residuos. No obstante, una parte importante de esta reducción debe atribuirse a los cambios metodológicos introducidos, entre los que destacan la optimización del cálculo de emisiones del Puerto y del Aeropuerto, el estudio más detallado del parque de vehículos circulante y la actualización de los factores de emisión para el tratamiento de residuos.

Las emisiones que presentaron un mayor incremento fueron las asociadas al consumo de electricidad –con una tasa de incremento media anual del 6,57%-, mientras que las que mostraron una mayor reducción fueron las del tratamiento de residuos municipales, con una tasa negativa del 15,21% que incluye el cambio metodológico apuntado en el párrafo anterior.

FIGURA 106 | EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DE BARCELONA (1999/2008)

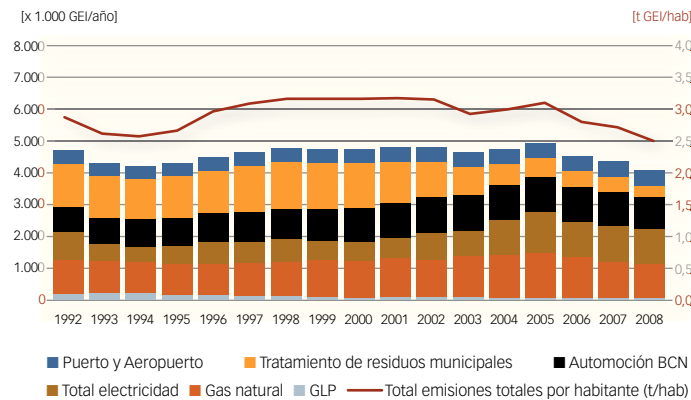


TABLA 30 | EMISIONES DE GEI EN BARCELONA, POR FUENTES Y SEGÚN EL MIX ELÉCTRICO CATALÁN (1999/2008)

Emisiones de GEI en Barcelona por fuentes (mix eléctrico catalán)			
[t GEI x 1.000]	1999	2008	Tasa de incremento medio anual 1999-2008
Gases licuados del petróleo (GLP)	97,15	53,15	-6,48%
Gas natural (sin GN vehicular)	1.152,14	1.086,78	-0,65%
electricidad	610,16	1.081,44	6,57%
Automoción (incluye GNV)	995,07	1.025,72	0,34%
Tratamiento de residuos municipales	1.446,40	327,58	-15,21%
Puerto y aeropuerto	436,39	479,08	1,04%
Total [x1.000 t]	4.737,30	4.053,77	-1,72%
Total por habitante [t/hab]	3,15	2,51	-2,50%

Por sectores, las emisiones de GEI del sector doméstico disminuyeron a partir de 2006, tras un incremento continuado desde 2001; la tasa de incremento medio anual entre 1999 y 2008 fue de 0,94%. Los sectores industrial y del transporte -incluyendo el transporte eléctrico- experimentaron una evolución parecida, con tasas de incremento medio del 0,49% y 0,40%, respectivamente, entre 1999 y 2008. En cambio, las emisiones generadas por el sector comercial aumentaron notablemente, con una tasa del 4,46%, aunque, como sucedió con el resto de sectores, en los últimos años experimentó una reducción, especialmente en 2008.

Esta disminución respondió, sobre todo, a la reducción del consumo energético a consecuencia de una menor severidad climática. También se produjo una estabilización del consumo del sector del transporte debido a la saturación viaria de la ciudad, las políticas de promoción del transporte público y la mejora tecnológica y de la eficiencia de los vehículos.

Las emisiones totales de GEI por habitante, según el mix eléctrico catalán, evolucionaron de las 3,15 t/hab en 1999²⁶ a las 2,51 t/hab en 2008, con una tasa de incremento medio anual negativa del -2,50%. Este valor es bastante bajo si se compara con los ratios estatal, europea y/o de otras ciudades.

Con respecto al factor de emisión de GEI por unidad de energía consumida en la ciudad -y aplicando el mix eléctrico catalán-, éste tuvo una tendencia continuada a la baja entre 1992 y 2008. La utilización de tecnologías más eficientes en la generación de electricidad y en los aparatos de consumo final, así como una mejora en la gestión del tratamiento de residuos, fueron las razones principales de esta evolución.

26. Debido a variaciones en la metodología de cálculo y actualización de los factores de emisión -aplicado tanto a cálculos como a datos históricos-, las cifras publicadas en el PMEB difieren ligeramente de las aquí presentadas.

FIGURA 107 | EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DE BARCELONA, POR SECTORES (1992/2008)

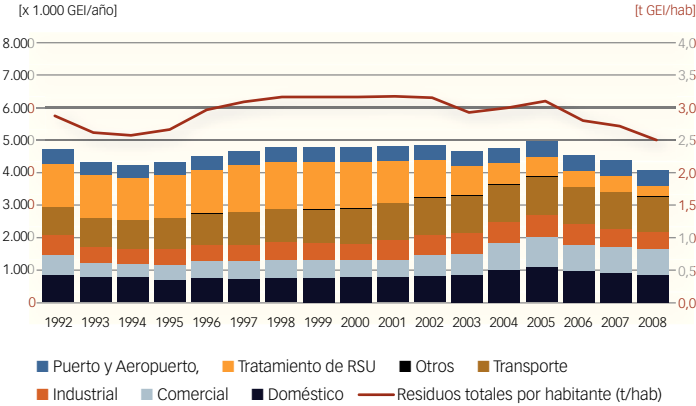
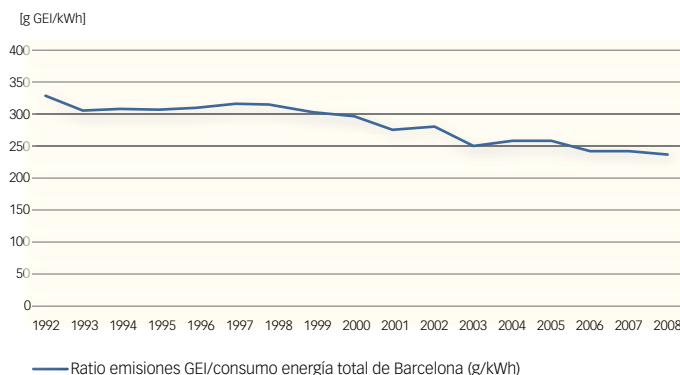


TABLA 31 | EMISIONES DE GEI EN BARCELONA, POR SECTORES Y SEGÚN EL MIX ELÉCTRICO CATALÁN, EN T (1999/2008)

Emisiones de GEI en Barcelona por sectores (mix eléctrico catalán)			
[t GEI x 1.000]	1999	2008	Tasa de incremento medio anual 1999-2008
Doméstico	766,22	833,43	0,94%
Comercial y servicios	530,18	785,47	4,46%
Industrial	523,05	546,50	0,49%
Transporte	1.024,62	1.061,89	0,40%
Otros	10,45	19,82	7,37%
Tratamiento de residuos municipales	1.446,40	327,58	-15,21%
Puerto y Aeropuerto	436,39	479,08	1,04%
Total [x1.000 t]	4.737,30	4.053,77	-1,72%
Total por habitante [t/hab]	3,15	2,51	-2,50%

FIGURA 108 | EVOLUCIÓN DEL FACTOR DE EMISIÓN DE GEI ENERGÉTICO EN BARCELONA (1992/2008)



Las emisiones según el mix eléctrico aplicado

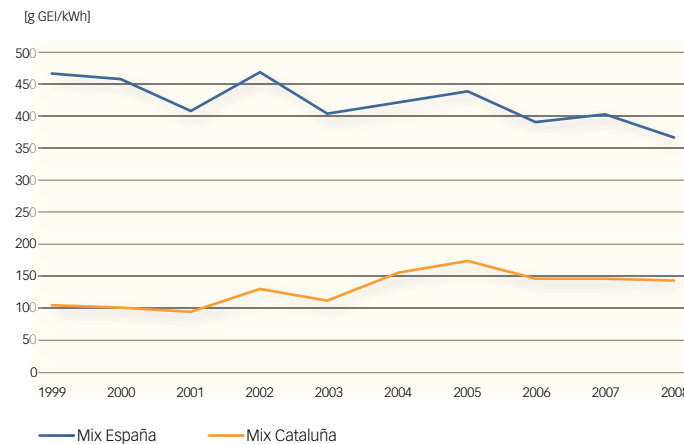
Las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo de electricidad dependen directamente de las fuentes con las que se ha generado la energía; lo que se conoce como mix eléctrico. Este mix, sin embargo, varía en función del ámbito territorial considerado –Cataluña o España-, y, por tanto, también lo hace el cálculo de las emisiones (factor de emisión de GEI por unidad de electricidad).

Este factor, si se valora con respecto al mix eléctrico catalán, muestra un incremento entre 1999 y 2008, con un pico en 2005 debido a la mayor utilización de las centrales térmicas de ciclo combinado, ya que las reservas hídricas para generar electricidad estuvieron bajo mínimos por la sequía.

Si se valora, en cambio, con respecto al mix eléctrico español, se observa una reducción del factor de emisión debida a un cambio en la estructura de generación española durante los últimos años (a consecuencia de una mayor participación de las energías renovables y de las centrales de ciclo combinado que redujo la producción termoeléctrica convencional con carbón y productos petrolíferos, menos eficientes y más contaminantes).

La valoración de las emisiones totales de GEI en Barcelona, en función de si se aplica el mix eléctrico catalán o el español, muestra una distribución diferente de cada sector o fuente de energía sobre el total de las emisiones. Utilizando el mix español, las emisiones asociadas al consumo de electricidad ganaron importancia, ya que pasaron a representar el 48,2% de las totales (un 56% de las correspondientes al consumo de energía), superando de esta forma las asociadas al consumo de gas natural.

FIGURA 109 | EVOLUCIÓN DEL FACTOR DE EMISIÓN DE GEI ENERGÉTICO EN BARCELONA, SEGÚN EL MIX ELÉCTRICO CATALÁN Y EL MIX ESPAÑOL (1999/2008)



El análisis por sectores muestra cómo la distribución también varía si se aplica el mix español, ya que los sectores comercial y de servicios (29,8% del total, 34,7% del consumo energético) y doméstico (23,4% del total, 27,3% del consumo), se convirtieron en los mayores emisores de GEI, por encima incluso del sector del transporte (19,5% del total, 22,7% del consumo).

La evolución de las emisiones de GEI muestra asimismo diferencias entre mixes eléctricos. Aplicando el español se observa que las asociadas al consumo eléctrico crecieron a razón de una tasa anual media del 0,16%, mientras que aplicando el mix catalán la tasa se eleva hasta el 6,57%. Las emisiones procedentes del sector comercial y servicios también ganaron peso, con una tasa de incremento media anual del 0,72% en el caso del mix eléctrico español y 4,46% del catalán.

TABLA 32 | EMISIONES DE GEI EN BARCELONA, POR SECTORES SEGÚN EL MIX ELÉCTRICO CATALÁN Y ESPAÑOL, EN T DE GEI (2008 Y TASAS DE INCREMENTO MEDIO ANUAL 1999/2008)

Emisiones de GEI en Barcelona por sectores en 2008				
[t GEI x 1000]	2008		Tasa de incremento medio anual 1999-2008	
	mix eléc. CAT	mix eléct. ESP	mix eléc. CAT	mix eléct. ESP
Doméstico	833,43	1.343,80	0,94%	-0,35%
Comercial y servicios	785,47	1.710,33	4,46%	0,72%
Industrial	546,50	704,49	0,49%	-1,80%
Transporte	1.061,89	1.117,27	0,40%	0,18%
Otros	19,82	50,60	7,37%	0,92%
Tratamiento de residuos municipal	327,58	327,58	-15,21%	-15,21%
Puerto y Aeropuerto	479,08	479,08	1,04%	1,04%
Total [x1.000 t]	4.053,77	5.733,2	-1,72%	-1,96%
Total por habitante [t/hab]	2,51	3,55	-2,50%	-2,74%

FIGURA 110 | DISTRIBUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DE BARCELONA PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS, SEGÚN EL MIX ELÉCTRICO (2008)

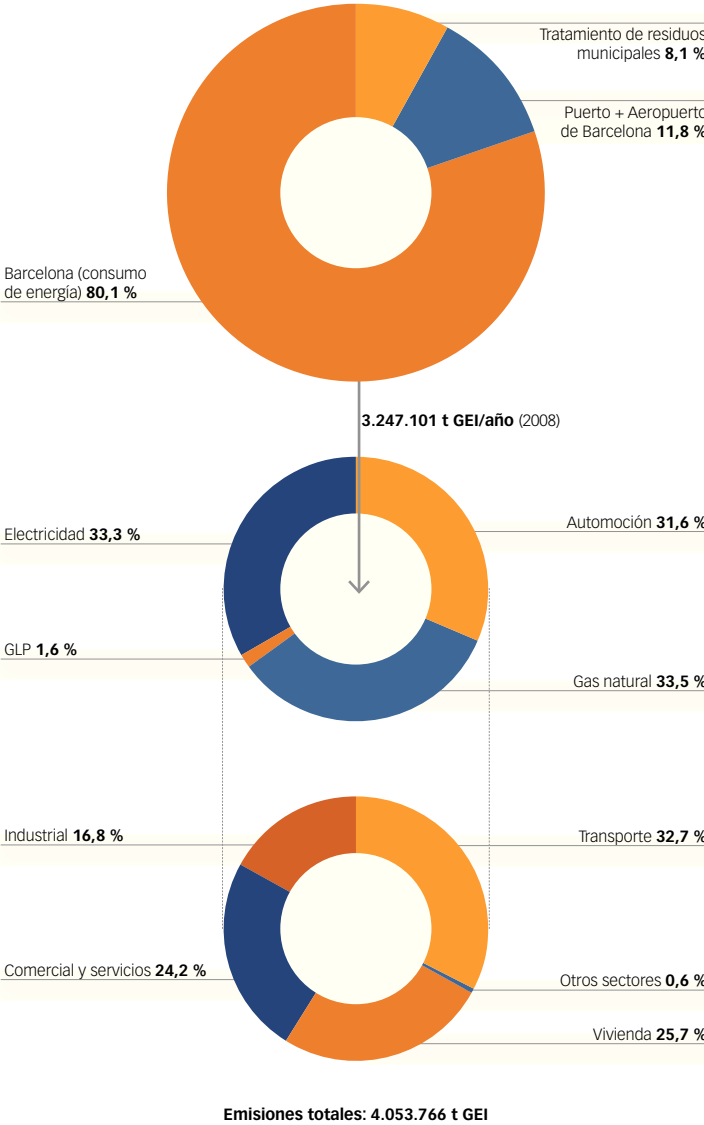


FIGURA 111 | DISTRIBUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DE BARCELONA PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS, SEGÚN EL MIX ELÉCTRICO ESPAÑOL (2008)

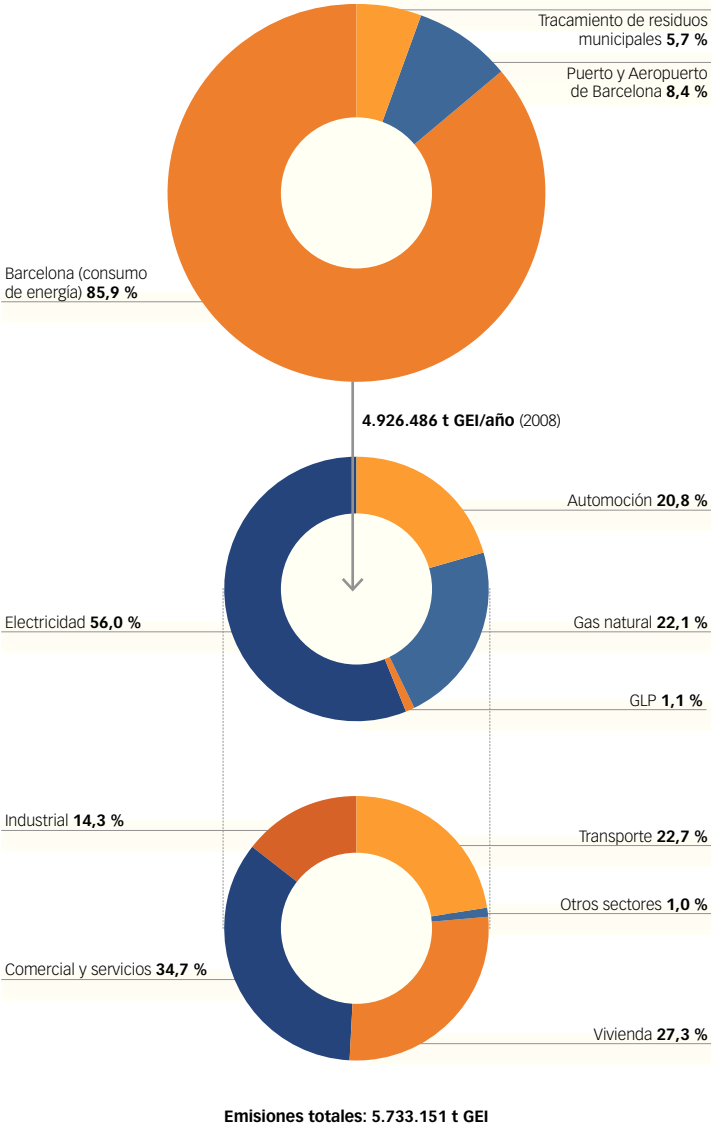
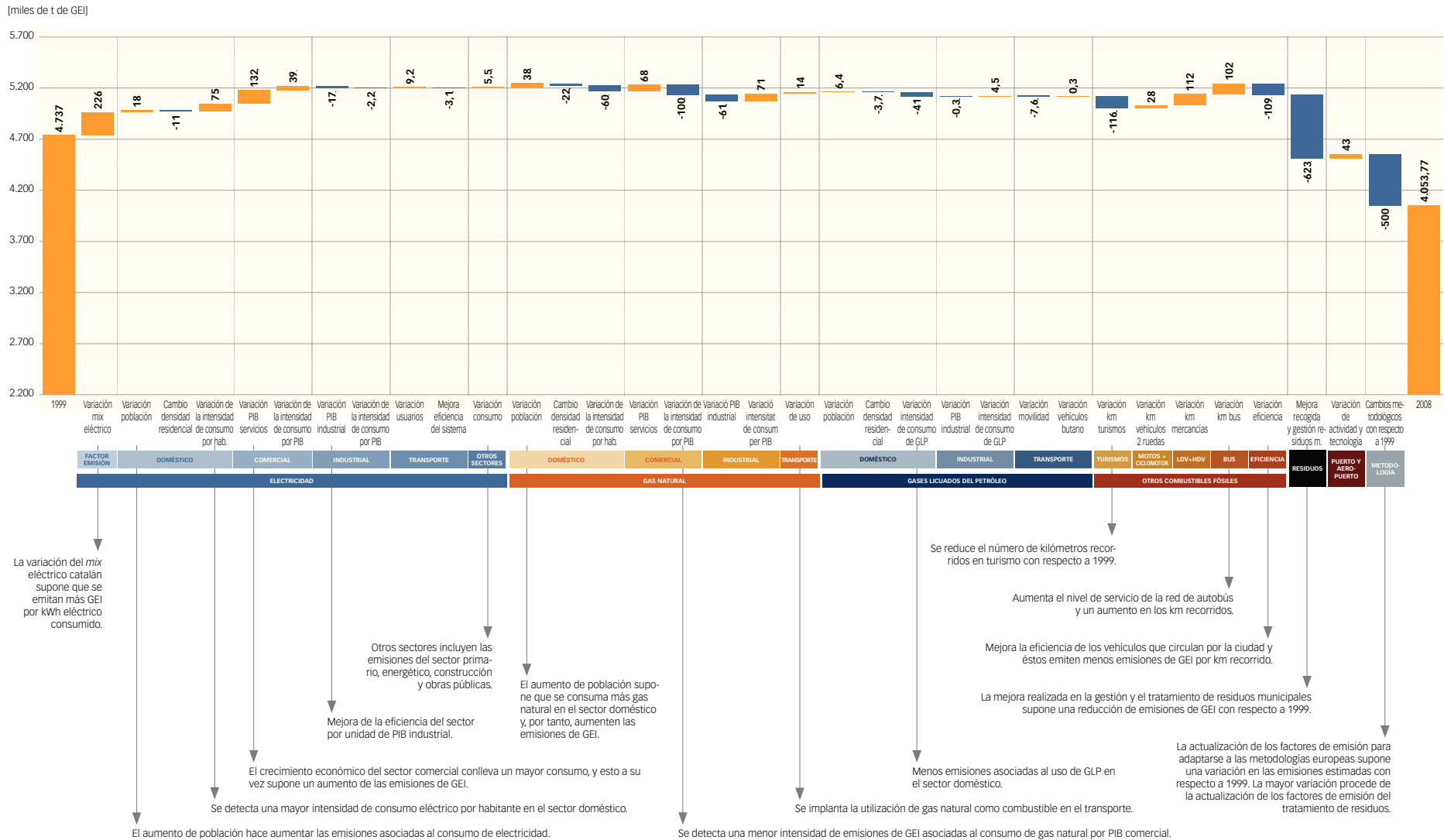


FIGURA 112 | VARIACIÓN EN LAS EMISIONES DE GEI EN BARCELONA (1999-2008)



2.7 - La calidad del aire

2.7.1 – EL INVENTARIO DE EMISIONES

Uno de los objetivos del PECQ ha sido determinar qué actividades humanas y/o naturales permiten explicar los elevados niveles de concentración de contaminantes en el aire, con el fin de centrar los esfuerzos en plantear y aplicar las medidas más adecuadas para reducir los niveles de inmisión.

Para llevar a cabo dicha tarea, se ha utilizado una aplicación que modeliza la dispersión de contaminantes y permite diagnosticar la calidad del aire en un territorio determinado teniendo en cuenta diversas variables como la eficiencia energética, las emisiones de alcance global (GEI) y también las de carácter más local que afectan directamente a la salud de la población.

La metodología aplicada

La metodología utilizada para el cálculo de inmisiones se basa en un modelo de dispersión de contaminantes²⁷ que permite modelizar las reacciones químicas entre los distintos compuestos y partículas presentes en la atmósfera, así como los efectos de la radiación solar en aquéllos. Este modelo utiliza asimismo algoritmos para determinar la velocidad del viento a diferentes alturas, las turbulencias debidas a la configuración del terreno e, incluso, a las corrientes de aire que se crean en el interior de las calles.

Permite también la introducción de perfiles horarios, semanales y mensuales de emisiones de las distintas fuentes contaminantes, lo que hace posible seguir la evolución temporal de las emisiones y sus impactos. El modelo, además, está asociado directamente a un Sistema de información geográfica (SIG) y a una base de datos de emisiones que facilitan la cuantificación y localización de los focos de emisión de los contaminantes de una manera muy precisa.

FIGURA 113 | ESQUEMA METODOLÓGICO UTILIZADO PARA LA MODIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL PECQ



²⁷. El software aplicado ha sido el ADMS-Urban, un programa comercial utilizado para la evaluación de la calidad del aire en diferentes ciudades del mundo como, por ejemplo, Londres, Manchester, Viena y Beijing.

En el caso de Barcelona, para modelizar los niveles de calidad del aire fue necesario llevar a cabo un inventario detallado de las fuentes emisoras de contaminantes de un territorio más extenso que el de la propia ciudad (1.476 km²), ya que la dinámica atmosférica puede alejar grandes distancias de la fuente emisora los compuestos generados. Con este inventario, y mediante la integración de diferentes variables biogeográficas y urbanísticas (régimen de vientos, pluviometría, elevación del terreno, configuración de los edificios, concentración de fuentes, etc.), se calcularon los niveles de contaminación de los NO₂ y las PM₁₀, los dos contaminantes que en Barcelona superan los límites establecidos por la Unión Europea.

Para conseguir un mayor nivel de detalle –a escala de calle– se definió una malla de 150.000 puntos virtuales repartidos de forma uniforme mediante el intelligent gridding, un método que permite afinar en el estudio de la influencia de las emisiones de tráfico sobre el entorno. Para llevar a cabo esta modelización fue necesario tener operando 12 procesadores durante 30 días de forma ininterrumpida. El año escogido para realizar esta modelización fue 2008.

Para la calibración y validación del modelo se compararon estos los datos de las estaciones de medición de la Red de vigilancia y previsión de la contaminación del aire (XVPCA), con puntos de medida virtuales introducidos en el modelo en la misma posición georeferenciada. Este análisis permitió ajustar los parámetros de modelización para obtener unos resultados de inmisión lo más ajustados posible a la situación real.

Se debe tener en cuenta que la realidad no es un modelo matemático, y que existen variables ajenas a comportamientos parametrizables que distorsionan el perfil de emisiones “*tipo*”. Situaciones puntuales no controlables como las congestiones de tráfico en días atípicos, los incendios, las demoliciones de edificios, etc.

CARACTERÍSTICAS DEL MODELO DE ANÁLISIS

Ha sido desarrollado específicamente para el análisis de la inmisión de contaminantes en entornos urbanos y metropolitanos, con resolución de resultados a nivel de calle.

Está basado en un modelo gaussiano de dispersión de contaminantes.

Incluye un modelo de pre-procesamiento meteorológico.

Utiliza un módulo de procesamiento hora a hora de los flujos y turbulencias derivadas del terreno. El modelo utilizado es el FLOWSTAR, un modelo de alta resolución diseñado para terrenos complejos.

Trabaja con el modelo OSPM, específico para determinar el efecto *street canyon* que se produce en los entramados viarios entre edificios, derivado de la recirculación del aire y las turbulencias creadas por los vehículos y los propios edificios.

Considera las reacciones químicas entre las distintas especies de compuestos presentes en la atmósfera y las emitidas por los distintos focos. También tiene en cuenta las reacciones fotoquímicas derivadas de la radiación solar incidente.

Cuenta con un sistema de receptores virtuales inteligente. Además de un mallado regulador de puntos distribuidos por el territorio, permite una asignación automatizada de puntos de medición en el entorno de las fuentes de las vías y carreteras para mejorar el grado de detalle.

FIGURA 114 | PERFIL DE EMISIONES TIPO EN UN DÍA LABORABLE DEL MES DE MARZO EN BARCELONA

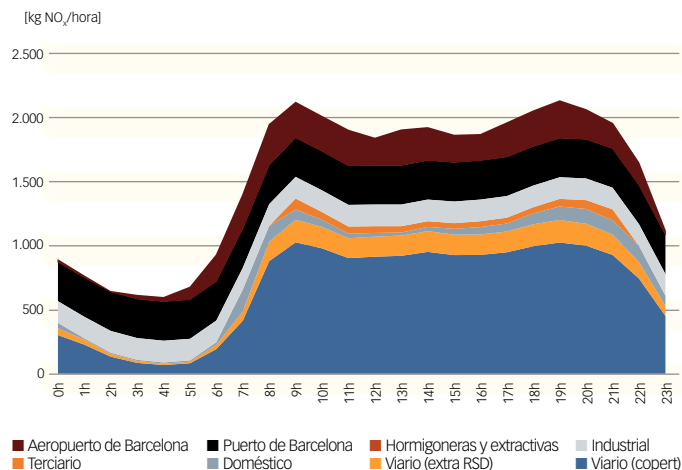
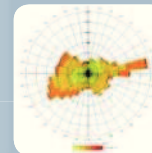


FIGURA 115 | INPUTS ESTRUCTURALES DEL MODELO DE ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AIRE

Datos Meteorológicos



- Para caracterizar el ámbito objeto de estudio, uno de los aspectos clave para el análisis correcto de la dispersión de contaminantes es obtener una serie de datos meteorológicos característicos de dicho ámbito.
- En el interior de Barcelona se encuentra situada la estación del Servei Meteorològic de Catalunya del Raval, situada en el centro de la ciudad y que representa muy bien las características climáticas de Barcelona. Se utilizan los datos climáticos hora a hora del año 2008.

Cartografía



- Orografía y rugosidad del terreno. Se realiza un análisis hora a hora de los perfiles de los flujos de aire y las turbulencias generadas en todo el ámbito derivadas de las características morfológicas del terreno.
- Se ha utilizado la base topográfica del Institut Cartogràfic de Catalunya, de la que se han extraído las curvas de nivel. Asimismo, se han utilizado las cotas altimétricas para conformar el conjunto de puntos orográficamente más representativos, permitiendo de esta forma un recubrimiento espacial lo más uniforme posible.
- Para determinar el factor de rugosidad del terreno se ha partido del Mapa de cubiertas del suelo de Cataluña.

Infraestructuras de la red



- Vario en el interior de las rondas. Se parte de la araña de tráfico del Servicio de movilidad del Ayuntamiento de Barcelona, que incorpora el mallado vario de la ciudad y de otras vías del interior del anillo que conforman las rondas, más los municipios de la zona del Besòs. El nivel de detalle de la información de base es muy elevado (entre cruces), y dispone además de la intensidad de tráfico de circulación viaria para cada tramo de calle.
- Vario principal y secundario exterior. La Generalitat de Catalunya facilita la red viaria principal próxima a Barcelona.
- Red urbana de otros municipios. Para completar la red viaria de los municipios colindantes a Barcelona, se ha extraído la información de la cartografía de base planimétrica del Institut Cartogràfic de Catalunya.
- Líneas de autobuses de TMB. Transports Metropolitans de Barcelona ha facilitado los recorridos de las líneas de autobuses que circulan por la ciudad y los municipios vecinos.

Modelo tridimensional de edificios



- Un efecto importante en la dispersión de contaminantes en las zonas urbanas es la configuración de las calles de la ciudad debido a las turbulencias que se crean en ellas. Para conocer este efecto se utiliza el modelo OSMP (Operational Street Pollution Model), que integra tanto las turbulencias propias del tráfico como las generadas por las geometrías de los edificios vecinos.
- Se ha utilizado el modelo tridimensional de Barcelona para determinar las alturas de los edificios, manzana a manzana.

Los datos de emisiones de NO_x y PM₁₀

En 2008 se emitieron a la atmósfera en el ámbito territorial objeto de estudio 10.413 t de NO_x y 744 t de PM₁₀. La principal fuente emisora para ambos contaminantes fue el transporte viario. En el caso de los NO_x, el volumen de emisiones procedentes del tráfico rodado en el inventario de Barcelona fue de 4.849 t (4.157+692)²⁸, que representó casi la mitad de las emisiones totales en el interior de la ciudad.

El segundo foco de emisiones fue el Puerto de Barcelona, con 3.078 t de (1.566+1.512), una parte de las cuales tuvo su origen en la actividad de los barcos (fondeo, maniobras de aproximación de entrada y salida, remolcadores) y en la operativa de tierra (barcos atracados, vehículos, maquinaria auxiliar).

El tercer foco fueron las actividades industriales, con 1.394 t de NO_x, las cuales incluyeron las actividades de generación de energía, los principales focos industriales y el resto de industrias del territorio. El volumen restante de emisiones correspondió a los sectores doméstico y terciario, con un total de 926 t.

Con respecto a las emisiones de partículas en suspensión, el transporte viario en el interior de la ciudad emitió 458 t procedentes de los focos siguientes (siguiendo la metodología CORINAIR): 91 t fueron emisiones directas de los tubos de escape; 170 t se originaron durante la combustión y por el desgaste de los frenos, las ruedas y el asfalto por el rodamiento; las 197 t restantes se obtuvieron mediante las mediciones realizadas en las calles de Barcelona, y evidenciaron que los vehículos en circulación generan más emisiones que las indicadas en la metodología europea COPERT-CORINAIR.

La segunda fuente emisora de partículas fueron las actividades portuarias, con 137 t (39 + 99), que representaron el 18,5% del total. La suma de los sectores industrial y de generación de energía supuso 133 t, y los sectores

doméstico y terciario 7 t. Asimismo, se tuvieron en cuenta las emisiones derivadas de las actividades extractivas y las grandes obras, que representaron en total 8 t. Las obras menores también influyen en el volumen total de emisiones de partículas en suspensión, pero su heterogeneidad no permitió incluir su cálculo en este inventario.

Este volumen de emisiones corresponde al inventario del término municipal de Barcelona, pero para realizar una modelización más ajustada a la realidad de la calidad del aire se amplió el ámbito territorial de estudio, ya que los distintos compuestos contaminantes pueden desplazarse grandes distancias por efecto de la dinámica del aire. De este modo, analizando los resultados obtenidos, la movilidad por carretera continua siendo la mayor fuente emisora, tanto de NO_x como de PM₁₀.

Si se compara la distribución de las emisiones por sectores en el inventario de la ciudad con el de dicho ámbito territorial más extenso, destacan el papel de la industria y el de la generación de energía, actividades más presentes en los municipios del entorno de Barcelona. En el caso concreto de las partículas en suspensión, éstas aumentaron debido a las actividades extractivas y las grandes obras hasta alcanzar las 198 t de PM₁₀. Las emisiones del Aeropuerto de Barcelona, por su parte, se situaron en las 1.608 t de NO_x y las de PM₁₀ en 21 t en 2008.

En último lugar, debe añadirse que una parte de la contaminación del aire procede de compuestos que se encuentran de forma natural en este ámbito territorial o de focos emisores situados en zonas lejanas. Es la llamada contaminación de fondo.

28. Las emisiones de la red viaria están separadas en dos conceptos: emisiones según la COPERT (calculas según la metodología europea CORINAIR), y las emisiones EXTRA RSD (emisiones adicionales que se detectaron en la medición en los vehículos de la ciudad media el sistema RSD o *Remote Sensing Device*).

FIGURA 116 | FOCOS E INVENTARIO DE EMISIONES EN BARCELONA

Emisiones del tráfico rodado



- Emisiones del tráfico para cada tramo de calle de Barcelona (entre intersecciones) y vías de municipios vecinos.
- Perfil horario, diario y mensual de los aforamientos del tráfico.
- Caracterización del parque móvil circulante de la ciudad. Radiografía de los vehículos que circulan, tanto desde el punto de vista de las características de los distintos vehículos como de las emisiones reales en condiciones de circulación.
- Emisiones del tráfico en las principales vías exteriores de Barcelona y en las vías urbanas de los municipios colindantes.
- Emisiones de los autobuses de TMB con las frecuencias de paso para cada línea y diferenciadas por tipo de combustible.

Sector doméstico y terciario



- Se parte de los datos de consumo de energía de los sectores doméstico y terciario facilitados por el Instituto Catalán de Energía. Estos se distribuyen por usos energéticos y territorialmente según las tipologías edificatorias definidas en el PMEB.
- Según los usos se estiman las emisiones directas de NO_x y PM₁₀ derivadas del consumo de gas natural y GLP. Se utilizan los factores de emisión establecidos en la metodología CORINAIR.
- Asimismo, se utilizan perfiles horarios, diarios y mensuales.
- La misma metodología se utiliza para los municipios vecinos. El reparto territorial se estima a partir de los datos del Mapa de cubiertas de suelo.

Sector industrial y de generación de energía



- Se utiliza la base de datos de la Generalitat de Catalunya con las emisiones de los principales focos emisores de NO_x y PM₁₀ del territorio. Esta base de datos incluye las centrales de generación de energía.
- Para estimar el resto de emisiones derivadas del sector industrial se utilizan los consumos de gas natural y GLP facilitados por el Instituto Catalán de Energía, y se reparten territorialmente según la distribución de las industrias.
- En los municipios vecinos se aplica la misma metodología, repartiendo las emisiones según los usos de suelo.

Emisiones asociadas a la actividad del puerto de Barcelona



- Se consideran las emisiones derivadas de la actividad portuaria a partir de los datos facilitados por la Autoridad Portuaria de Barcelona.
- Se estiman las emisiones de los barcos en las maniobras de aproximación, en la estancia en los muelles y en la estancia en las zonas de fondeo.
- Se estiman las emisiones de la maquinaria auxiliar y los remolcadores.
- Se utilizan perfiles mensuales de actividad según el transporte de mercancías o pasajeros.
- Se estiman las emisiones asociadas al transporte terrestre en el ámbito portuario. Se parte del volumen de vehículos que circulan y del estudio de caracterización de los vehículos in-situ en el Interior del Puerto.

Emisiones del aeropuerto de Barcelona



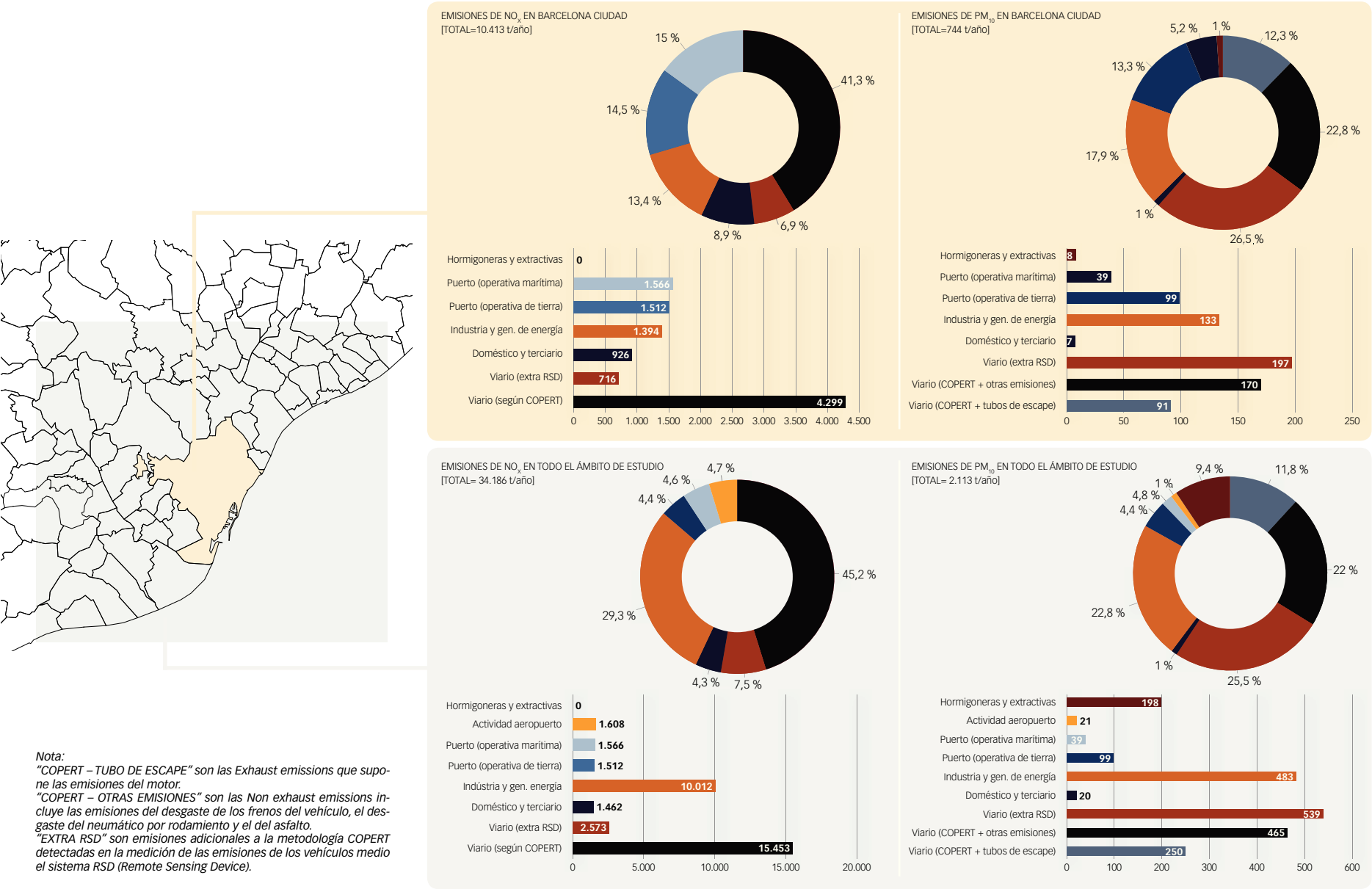
- Se utilizan las emisiones de NO_x y PM₁₀ facilitadas por AENA.
- Emisiones directas de los aviones: consideran el ciclo LTO (aterrizaje, movimientos en tierra y despegue hasta los 3,000 pies).
- Emisiones de la maquinaria auxiliar handling.
- Se estima la trayectoria de las emisiones según las operativas de vuelo de las diversas pistas, teniendo en cuenta los perfiles horarios y mensuales de despegue y aterrizaje.

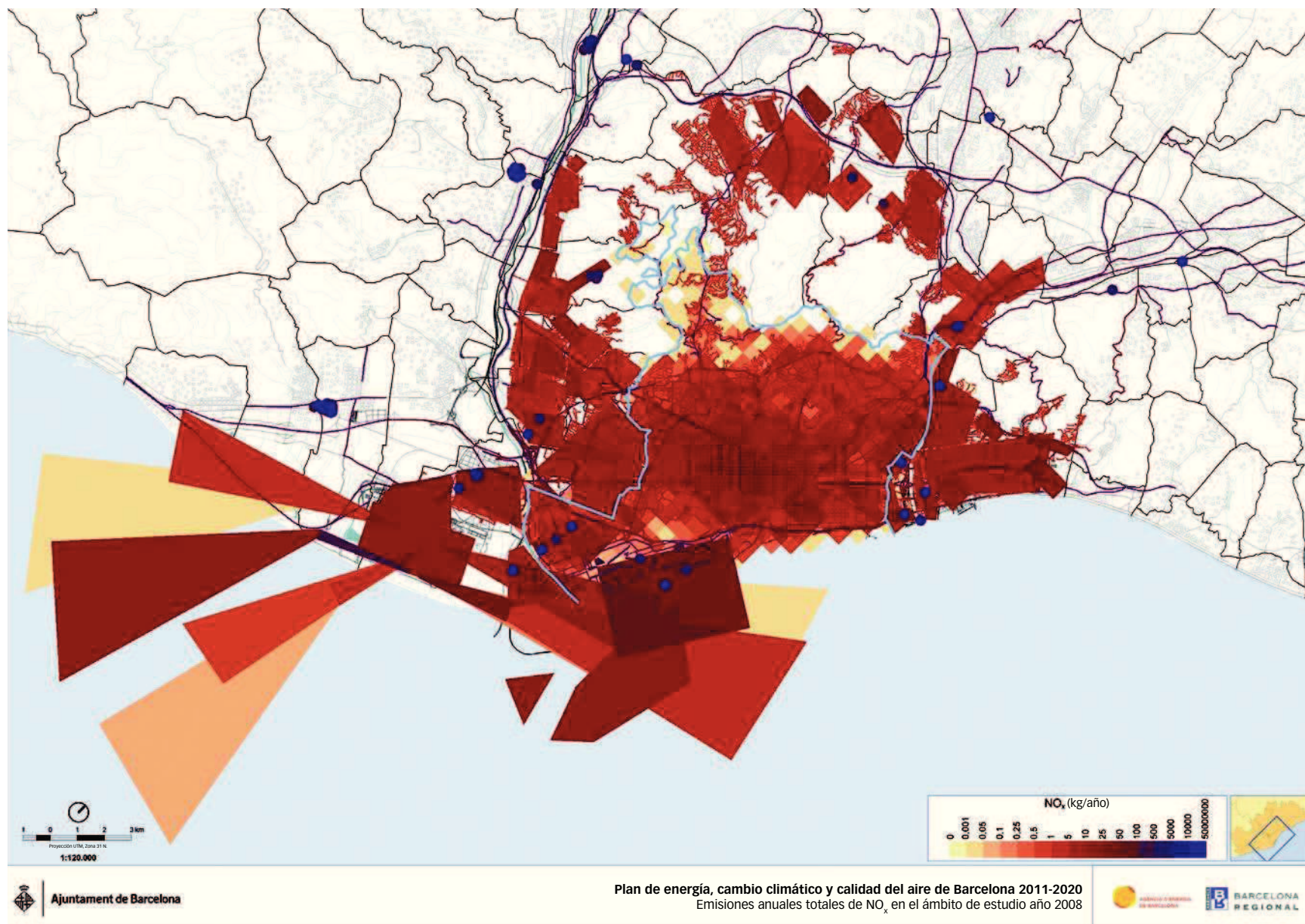
Actividades extractivas y grandes hormigoneras



- El inventario de emisiones de PM₁₀ derivadas de las actividades extractivas y las grandes obras con hormigoneras en todo el ámbito, facilitadas por la Generalitat de Catalunya.

FIGURA 117 | INVENTARIO DE EMISIONES EN BARCELONA CIUDAD Y EN TODO EL ÁMBITO DE ESTUDIO





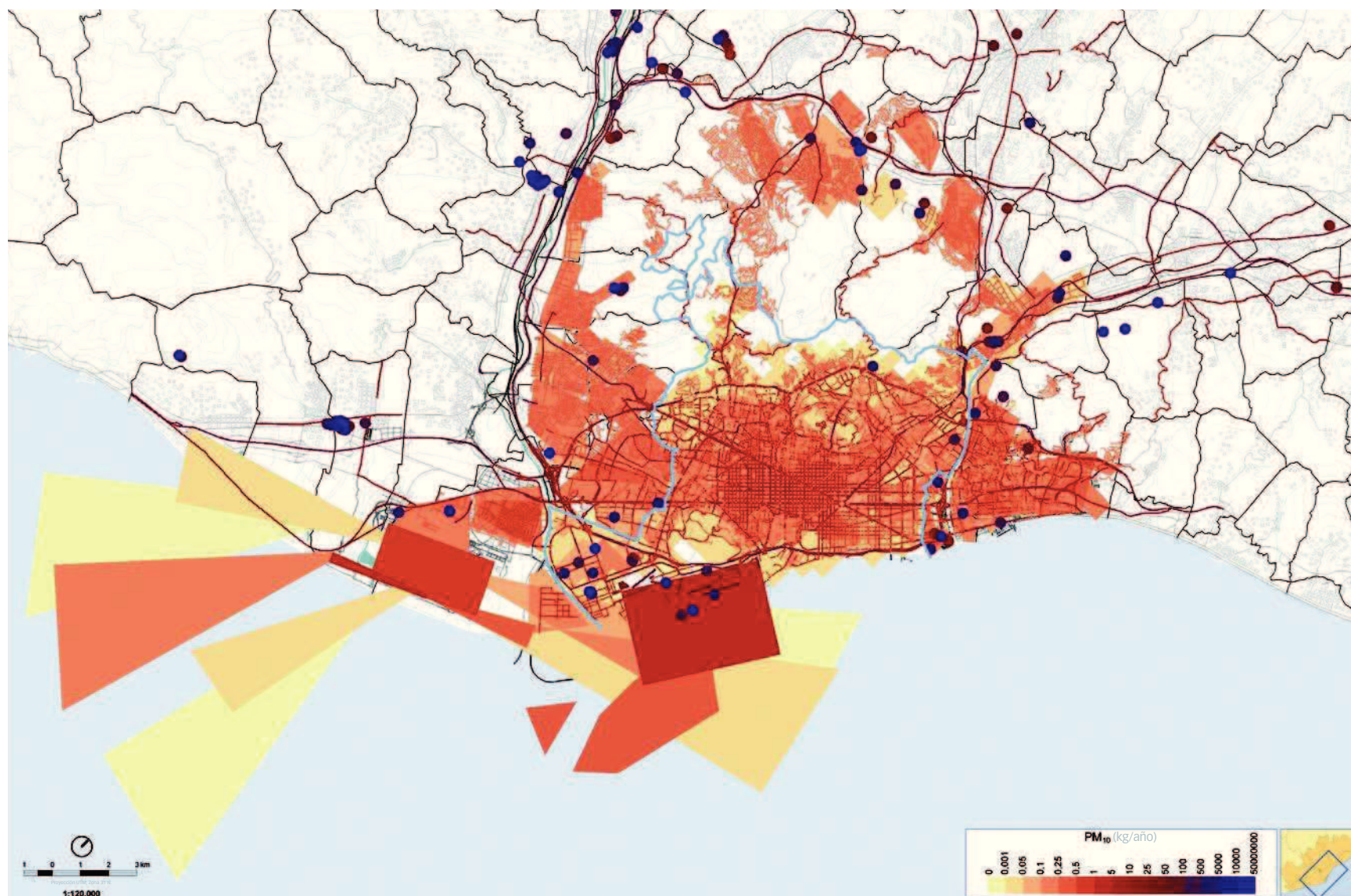
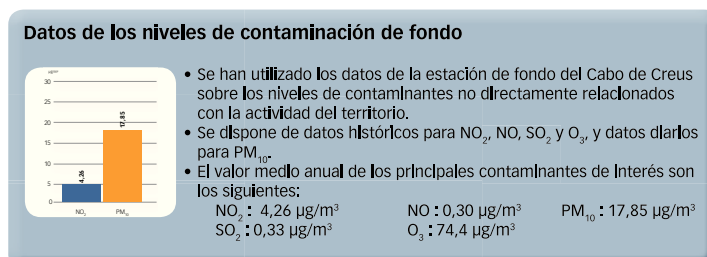


FIGURA 118 | FOCOS E INVENTARIO DE EMISIONES EN BARCELONA



2.7.2 - LOS DATOS DE INMISIÓN

Los valores detectados

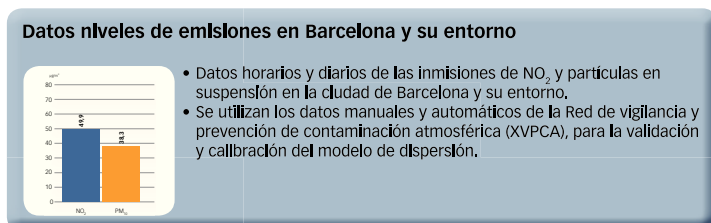
Con todos los datos del inventario de emisiones georeferenciado y las variables estructurales y de contorno anteriormente apuntadas, se realiza la modelización de dispersión de contaminantes. Para calibrar el modelo, se ajustan los parámetros mediante los valores reales que registran los medidores automáticos y manuales de la Red de vigilancia y prevención de la contaminación atmosférica en Barcelona.

La calibración exige incluir la contaminación de fondo local: fuentes emisoras no calculadas o infravaloradas, contaminación propiamente de fondo, resuspensión de material particulado, episodios puntuales y/o comportamientos del sistema distinto a los perfiles diarios, semanales y mensuales introducidos en el modelo. Esta contaminación de fondo local supone un incremento en media anual de 5 µg/m³ de NO₂ y 15 µg/m³ de PM₁₀ en Barcelona.

Una vez realizada la calibración, se compararon los valores obtenidos mediante el modelo con los valores reales de concentración anual. En el caso del NO₂ el valor promedio real de la ciudad alcanzó los 49,9 µg/m³ en 2008, mientras que el modelo dio una concentración de 49,5 µg/m³. Es decir, una coincidencia del 99,1%, con unas pequeñas variaciones en algunas de las estaciones de medida.

En el caso de las PM₁₀, el valor promedio real en 2008 fue 38,3 µg/m³, mientras que la cifra aportada por el modelo fue 37,3 µg/m³, infravalorándose ligeramente el total de partículas en suspensión pero alcanzándose un nivel de coincidencia con la realidad del 97,4%.

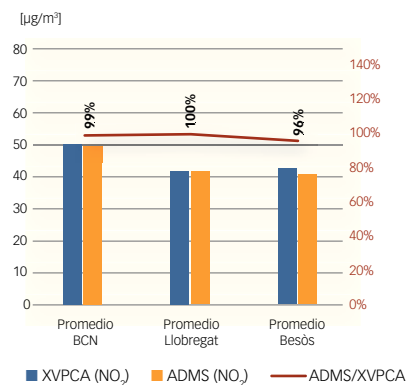
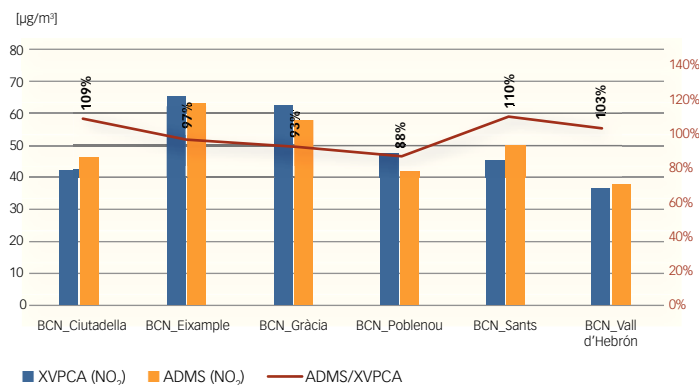
Puede afirmarse, por tanto, que el modelo de dispersión de contaminantes adaptado a la conurbación de Barcelona se aproxima mucho a la realidad, lo que permite analizar con detalle cuáles son los factores y focos emisores que más influyen sobre a la concentración de NO_x y PM₁₀, así como plantear las políticas y las medidas más efectivas para mejorar la calidad del aire.

FIGURA 119 | NIVELES DE INMISIÓN EN BARCELONA Y SU ENTORNO

DEFINICIÓN: EMISIONES / INMISIONES

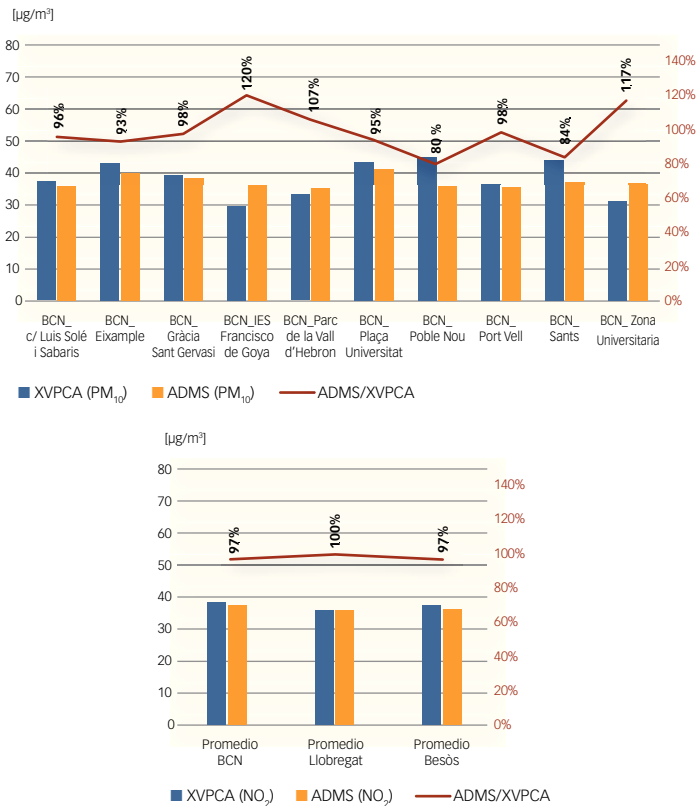
Las **emisiones** son la cantidad de contaminante que un foco concreto emite a la atmósfera en un período determinado. Las **inmisiones**, en cambio, son la concentración de contaminante en un lugar concreto. Los niveles de inmisión o de calidad del aire son los que determinan el efecto de un cierto contaminante sobre la salud.

Por tanto, para reducir la contaminación del aire hace falta, por un lado, controlar las emisiones atmosféricas, y por el otro, controlar la presencia de los contaminantes en el aire en diferentes puntos receptores (niveles de inmisión).

FIGURA 120 | COMPARACIÓN DE LOS VALORES DE INMISIÓN REALES DE NO₂ CON LOS MODELIZADOS EN BARCELONA (2008)

Fuente: XVPCA

FIGURA 121 | COMPARACIÓN DE LOS VALORES DE INMISIÓN REALES DE PM₁₀ CON LOS MODELIZADOS EN BARCELONA (2008)



Fuente: XVPCA

LA EXPRESIÓN CARTOGRÁFICA DE LOS RESULTADOS

Una vez calibrado y validado el modelo con los datos obtenidos en las estaciones de inmisión de la Red de vigilancia de la contaminación atmosférica, se elabora el mapa del estado del aire en Barcelona. Los contaminantes que regula el Real Decreto 1073/2002 son el NO₂ y las PM₁₀, las cuales no pueden superar el límite de los 40 µg/m³ de media anual desde el año 2010. Un 55% del territorio (56 km²) superó en 2008 los 40 µg/m³ de inmisiones de NO₂. En el distrito del Eixample y zonas adyacentes, sin embargo, los valores se situaron entre los 50 y los 60 µg/m³. En zonas próximas a vías con mucho tráfico también se alcanzaron valores muy elevados.

Con respecto a la concentración de PM₁₀, sólo un 17% del territorio de la ciudad superó el valor límite anual de 40 µg/m³, pero una gran parte de Barcelona se aproximó también a estos valores. Concretamente, y según la modelización realizada, aproximadamente dos terceras partes del territorio se situaban en el rango de los 35-40 µg/m³ y, por tanto, muy cercanas también a superar los límites anuales. Según los mapas de dispersión, la media anual de 40 µg/m³ se superó en el Eixample y las zonas cercanas a las vías de circulación elevada de vehículos.

Para detectar las diferencias en la calidad del aire en diversos puntos de la ciudad, se realizó también un análisis de la inmisión en tres secciones longitudinales del mapa de media anual de la concentración de NO₂. Este análisis permitió constatar el gran impacto que el tráfico ocasiona en la concentración de contaminantes, sobre todo en las vías con más tráfico y en las intersecciones. Los picos de inmisión coincidieron con los ejes viarios, aunque a pocos metros de la vía de circulación la concentración disminuía de forma brusca. Este fenómeno favorece que en los edificios y parques la concentración de contaminantes alcance los niveles del conjunto de la ciudad.

Debe destacarse asimismo el aumento de la concentración en el centro de la ciudad y, sobre todo, en el entramado del distrito del Eixample, donde la media de la inmisión era más elevada. En cambio, en zonas con grandes espacios verdes como el Parque de la Ciutadella o la montaña de Montjuïc se producía una clara disminución de la concentración debido a la inexistencia de grandes fuentes emisoras en estos espacios.

FIGURA 122 | DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE BARCELONA SEGÚN INMI-SIÓN, PARA EL NO₂ (2008)

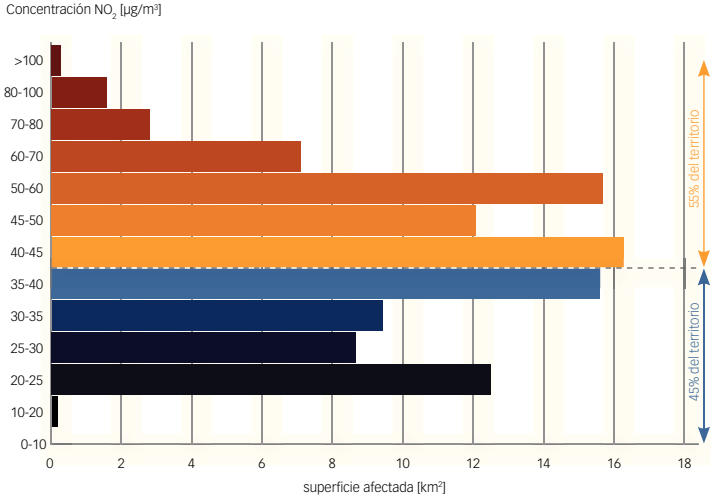
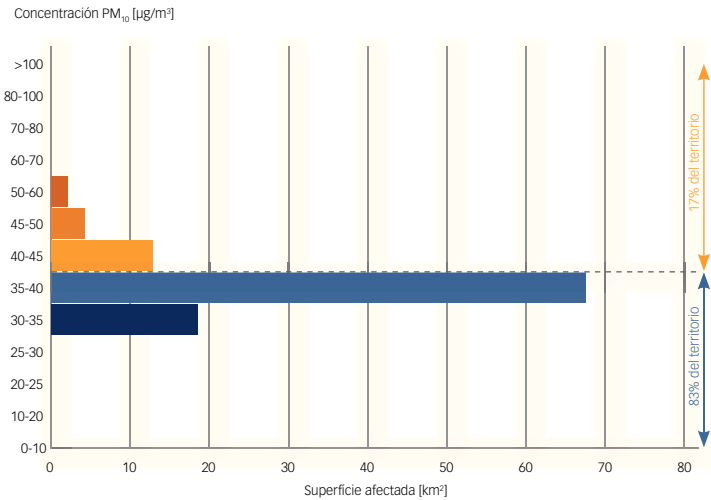
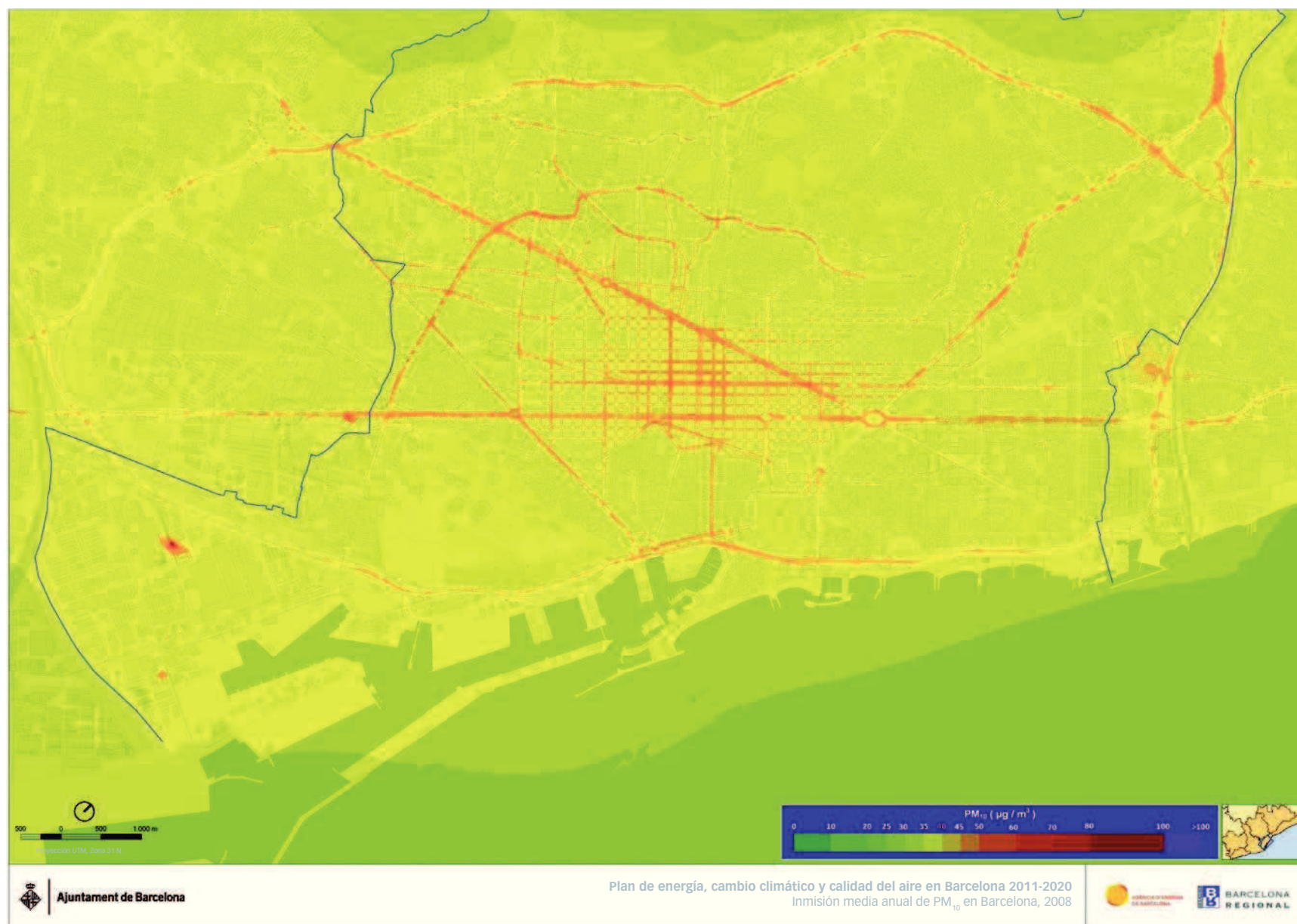
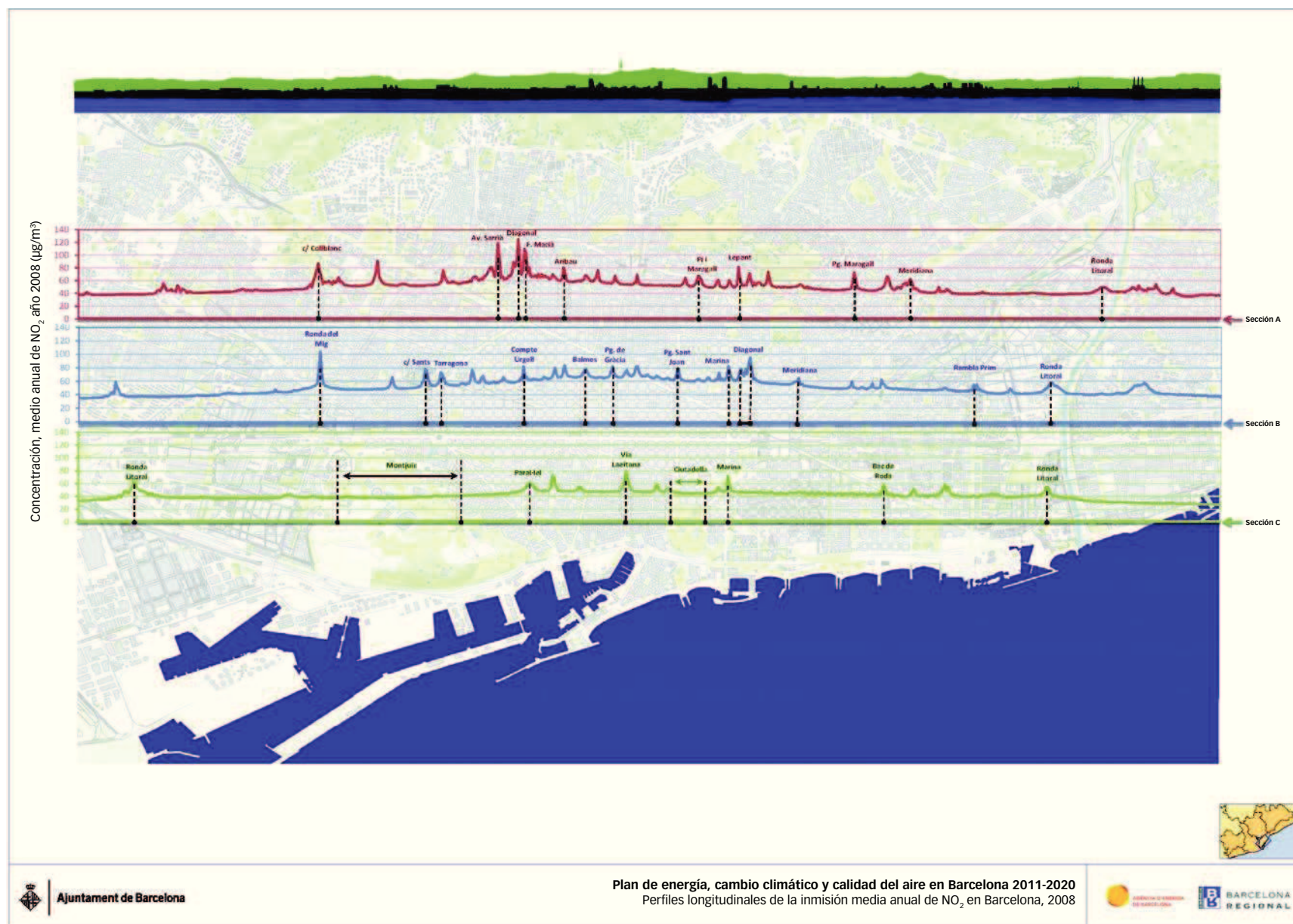


FIGURA 123 | DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE BARCELONA SEGÚN INMI-SIÓN, PARA LAS PM₁₀ (2008)









Las inmisiones por fuente de emisión

Dado que no todas las fuentes contaminantes afectan de igual forma la calidad del aire, es necesario conocer con detalle cuál es el origen de la contaminación.

En el caso de Barcelona, y en 2008, aproximadamente el 65,6% de la concentración de NO_2 en el aire ($56\%+9.6\%$)²⁹ tuvo su origen en el transporte viario, un 8,6% en los sectores doméstico y comercial, un 4,8% en el industrial y la generación de energía, un 2,1% en la actividad portuaria y un 0,1% en la aeroportuario. También hubo una aportación importante de la contaminación de fondo regional, un 10,1%, y de la contaminación de fondo local, un 8,6%.

En el caso de las PM_{10} , se detectó la gran influencia de la contaminación de fondo de la región, que representó casi la mitad de la concentración (47,9%; $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ según la estación del Cabo de Creus). La contaminación de fondo local, por su lado, representó el 40,2% del total de la inmisión. La directamente atribuible a la actividad de la ciudad tuvo su origen, en un 11,0%, en el tráfico ($6,3\%+4,7\%$)¹⁰, en un 0,3% en las actividades industriales y de generación de energía, en un 0,3% en las portuarias, y en 0,2% en las grandes obras y actividades extractivas. La influencia del Aeropuerto fue casi imperceptible.

Las principales conclusiones de este análisis son:

- El tráfico viario es la actividad humana que más influye en la calidad del aire de Barcelona, tanto en el caso del NO_2 como de las PM_{10} .
- Las inmisiones de NO_2 también están muy influidas por las emisiones de los sectores doméstico, comercial e industrial.
- Con respecto a las inmisiones de PM_{10} , y a pesar de que están muy influidas por fuentes no asignables directamente a la dinámica urbana, tienen su principal origen en el sector industrial, la actividad portuaria y las obras y actividades extractivas.
- Destaca el impacto de la contaminación de fondo, que en 2008 representó gran parte de esta inmisión (8,6% en el caso del NO_2 y un 47,9% en el de las PM_{10}), y que fue debido a factores externos al territorio de estudio.
- La contaminación de fondo local (en especial, la de las partículas en suspensión) representa la inmisión asociada a focos, niveles o perfiles de emisión con mayor dificultad para ser identificados y parametrizados (1,1% en el caso del NO_2 y 40,2% en el de las PM_{10}).

29. Las inmisiones del transporte viaria están separadas en dos conceptos: las derivadas de las emisiones según COPERT (calculadas mediante la metodología Europea CORINAIR), y las procedentes de las emisiones EXTRA RSD (emisiones adicionales detectadas en las mediciones de los vehículos por el sistema RSD o *Remote Sensing Device*).

FIGURA 124 | DISTRIBUCIÓN DE LA MEDIA ANUAL DE NO₂, POR SECTORES (2008)

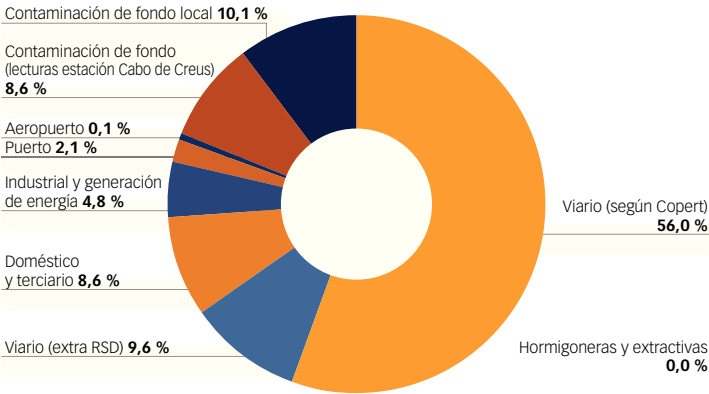
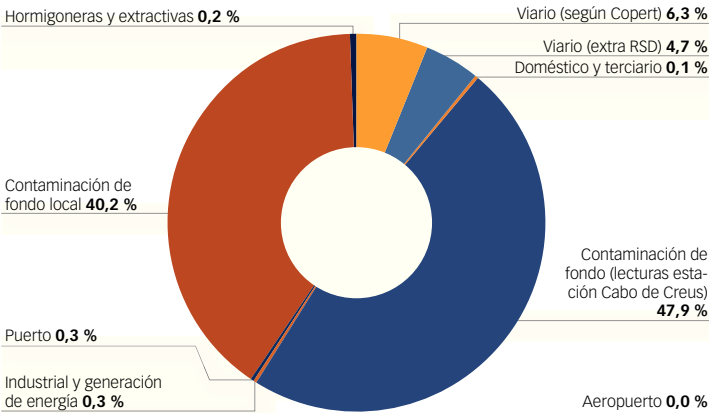
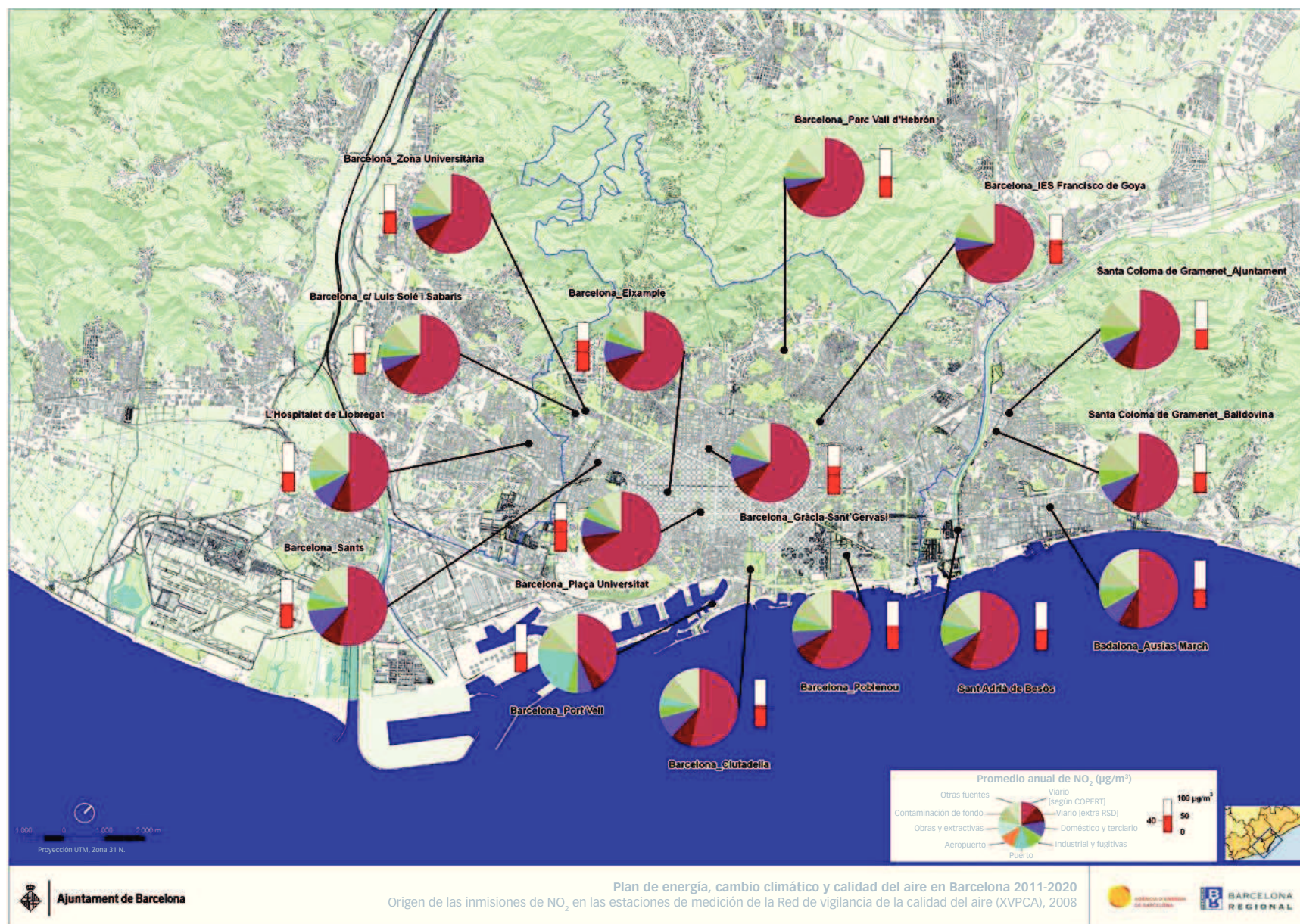
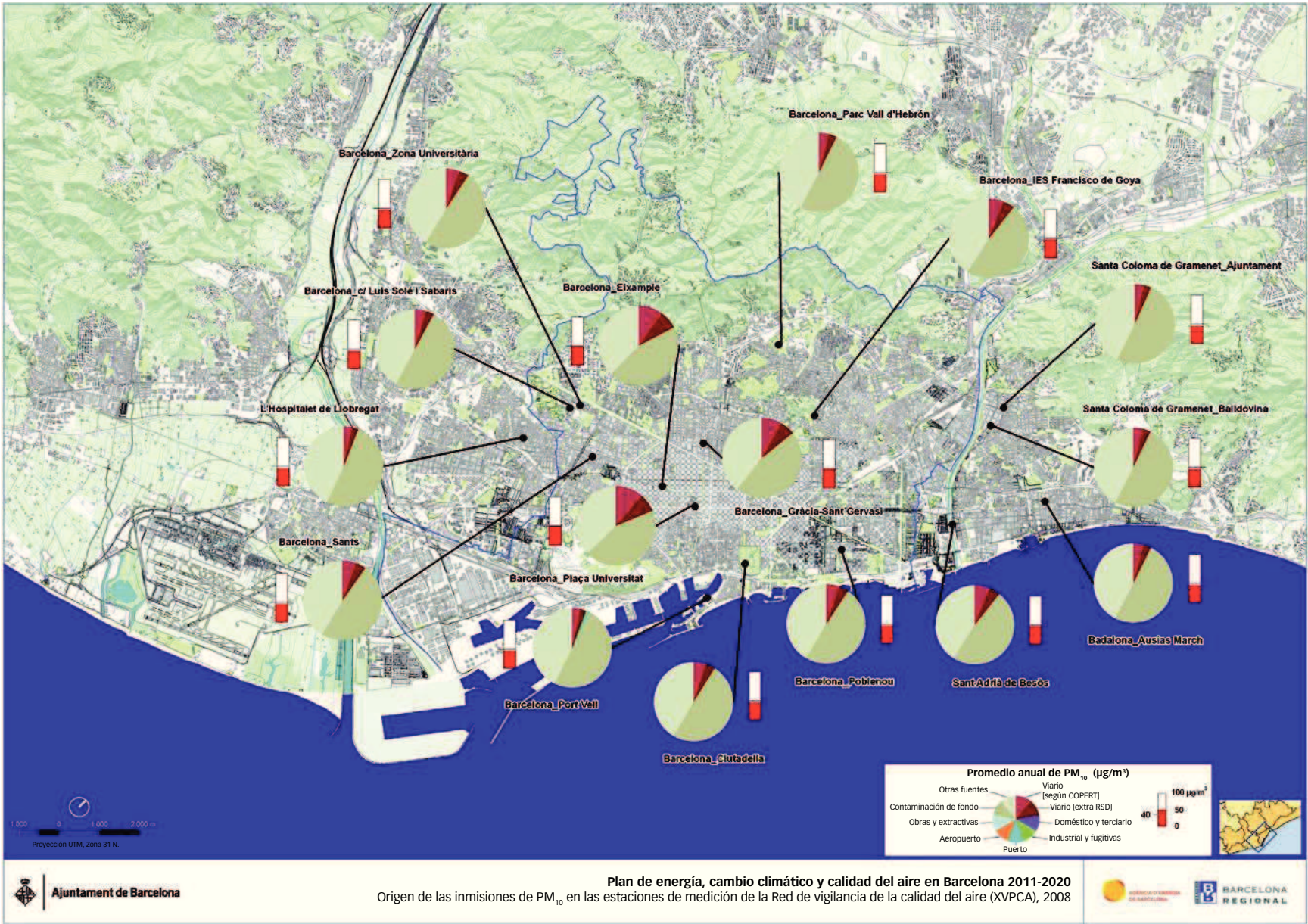


FIGURA 125 | DISTRIBUCIÓN DE LA MEDIA ANUAL DE PM₁₀, POR SECTORES (2008)







2.8 - Análisis por sectores

El análisis de la evolución sectorial del consumo energético en los últimos años, permite visualizar claramente cómo ha cambiado la relación del tejido económico y social de la ciudad con la energía, y cómo han influido los cambios en la percepción y en el uso de este recurso, así como los distintos cambios coyunturales que se han producido a escala internacional.

En este sentido, el peso relativo de cada sector en el consumo global de energía ha ido variando a medida que lo hacía también la ciudad y su modelo económico. De esta forma, mientras que en los primeros años de la década de los noventa el sector industrial tenía el mayor porcentaje de consumo, actualmente son los sectores doméstico, comercial y servicios y el transporte y la movilidad los que han ido ganando protagonismo.

Este cambio ha sido debido, entre otros factores, a la pérdida de peso del sector industrial y la mejora de la eficiencia de sus procesos productivos, al crecimiento del sector servicios, al incremento del turismo y a fenómenos relacionados con el comportamiento individual en el uso de la energía, como la mayor demanda de movilidad o de climatización y el mayor uso de aparatos electrodomésticos.

FIGURA 126 | LOS SECTORES OBJETO DE ESTUDIO



2.8.1 - EL DOMÉSTICO

El parque de viviendas de la ciudad

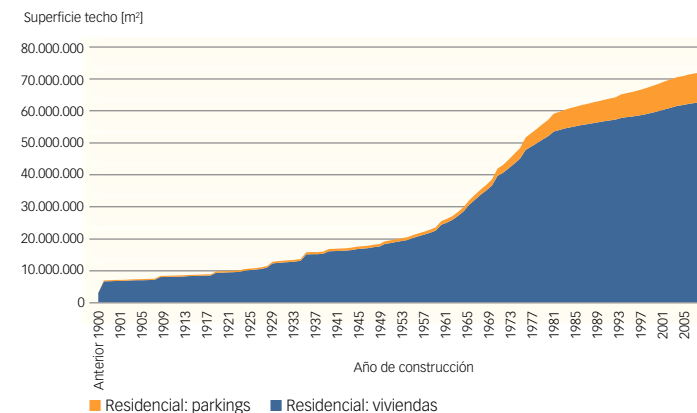
Barcelona cuenta con una superficie de techo residencial de 62,7 millones de metros cuadrados³⁰; es decir, más de la mitad de la superficie de techo total de la ciudad. El stock de superficie residencial y de aparcamientos en edificios de viviendas refleja un crecimiento muy importante desde finales de la década de los cuarenta, con un aumento sostenido hasta finales de 2007.

Conocer, por tanto, cuáles son las características de este parque de viviendas, diagnosticando las tendencias y carencias del sector, es uno de los principales ámbitos de actuación de este PECQ para reducir el consumo de energía y las emisiones asociadas. El PECQ, en este sentido, profundiza en la radiografía del sector residencial iniciada en el Plan de mejora energética de Barcelona (PMEB), analiza la evolución del parque de viviendas desde 1999, detecta las nuevas tendencias constructivas y valora los cambios en los hábitos de consumo.

Del estudio del catastro de la ciudad se desprende que los edificios de uso residencial tienen una media de edad de 63 años, y los estudios prospectivos reflejan que se producirá un envejecimiento progresivo del parque debido a la escasez de suelo no urbanizado y a las actuaciones de rehabilitación que alargarán su vida útil. Un análisis más detallado de las licencias de rehabilitación concedidas por el Ayuntamiento de Barcelona en tres distritos, pone en evidencia una considerable actividad de rehabilitación, con unas 11.600 licencias concedidas en diez años. Estos datos sitúan la rehabilitación de edificios como un factor clave a tener en cuenta en el análisis estratégico para mejorar la eficiencia energética del sector residencial en Barcelona.

³⁰. No está incluida la superficie de techo de los aparcamientos en edificios de uso principalmente residencial (9.346.247 m²) ni los espacios comunes de los edificios (superficie de escaleras, sala de contadores, etc.)

FIGURA 127 | DISTRIBUCIÓN ACUMULADA POR ANTIGÜEDAD DE LA SUPERFICIE DE TECHO CONSTRUÍDO DE USO RESIDENCIAL EN BARCELONA (1901-2007)



Font: Cadastre 2007

Por otro, la entrada en vigor de la Ordenanza solar térmica de Barcelona, el Decreto de ecoeficiencia de la Generalitat de Cataluña y, más recientemente, el Código Técnico de la Edificación, ha introducido cambios en los estándares de los edificios de nueva promoción desde la redacción del PMEB, por lo que durante la elaboración del PECQ se han analizado también las implicaciones energéticas y ambientales de estas nuevas normas y su afectaciones en el sector constructivo, estudiando las mejoras que aportan y las posibilidades de ir más allá de una edificación más sostenible. De esta forma, el PECQ apunta los siguientes retos de futuro para el sector doméstico:

- La caracterización, desde la perspectiva energética, del parque actual de viviendas de Barcelona.
- La definición tipológica y el estudio energético de las viviendas de nueva promoción.
- El estudio de las mejoras energéticas en las actuaciones de rehabilitación.

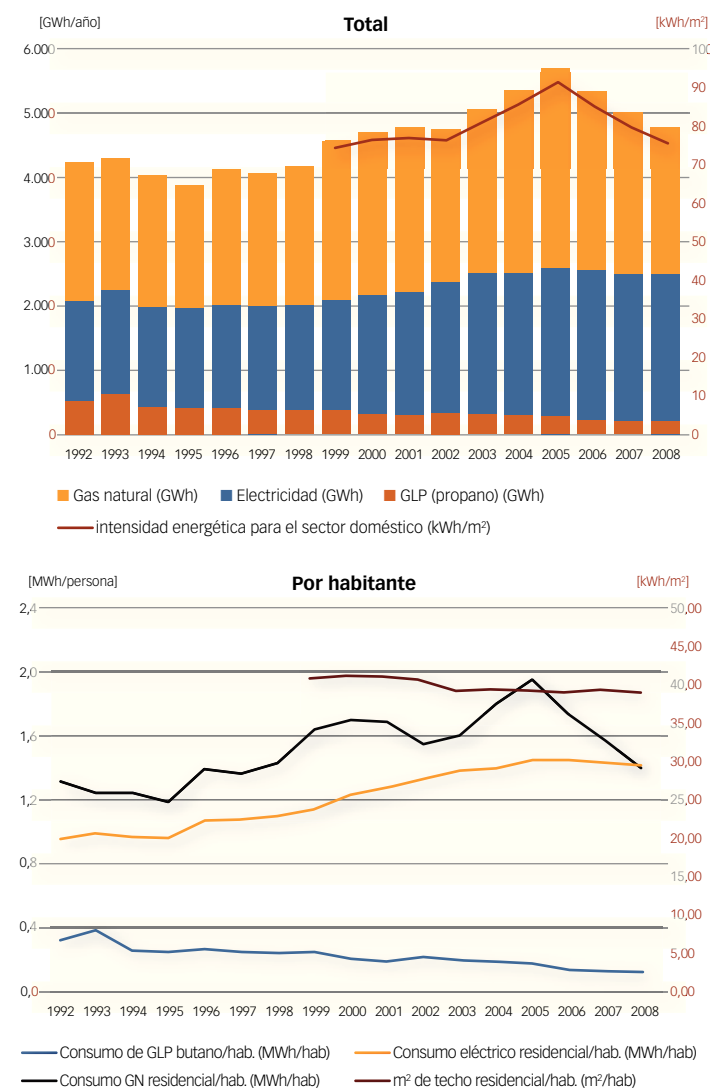
La evolución del consumo

El sector doméstico consumió en 2008 en Barcelona 4.794 GWh, un 28% de la energía final. Este consumo se repartió a partes prácticamente iguales entre la electricidad y el gas natural (un 48%, aproximadamente, cada fuente de energía), mientras que el resto del consumo correspondió a los gases licuados del petróleo o GLP (butano), recurso energético cuya presencia se ha ido reduciendo año tras año.

Los históricos de consumo indican un crecimiento sostenido del consumo de energía eléctrica en los últimos años debido al aumento de aparatos en las viviendas (ordenadores, lavaplatos, aire acondicionado...). También destaca la gran variabilidad del consumo de gas natural -relacionada sobre todo con las variaciones meteorológicas entre años-, aunque la demanda de esta fuente de energía muestra una tendencia al alza.

A pesar de la disminución de la superficie de techo residencial por habitante, a raíz de la construcción de pisos más pequeños y al aumento del número de ocupantes de las viviendas, el consumo energético per cápita en los últimos años ha aumentado. Este consumo, sin embargo, ha variado anualmente debido a las fluctuaciones de la demanda de gas natural.

FIGURA 128 | EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA FINAL DEL SECTOR DOMÉSTICO EN BARCELONA, TOTAL Y POR HABITANTE (1992-2008)



Fuente: ICAEN

LA CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE DE EDIFICIOS

Para conocer con más detalle las características del parque de edificios de Barcelona y su comportamiento térmico, en el Plan de mejora energética de Barcelona (PMEB) se llevó a cabo un proyecto de caracterización mediante el análisis de las especificidades constructivas, arquitectónicas, urbanísticas, de funcionamiento y de uso de los edificios de viviendas y de oficinas. La aplicación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) permitió correlacionar los distintos parámetros con la información cartográfica de la ciudad. La metodología utilizada para la caracterización del parque de viviendas, la definición tipológica de las viviendas de nueva promoción y el análisis de las mejoras energéticas en la rehabilitación de edificios fueron las siguientes:

ESQUEMA DEL PROCESO DE CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE MEDIDAS

CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR DOMÉSTICO

Definición de tipologías de edificios existentes y de nueva planta en Barcelona. En base a datos SIG extraídos del catastro y a una serie de diseños arquitectónicos y urbanísticos que representan la realidad edificatoria de la ciudad.

Determinación de las demandas energéticas por tipologías edificatorias. Análisis del comportamiento térmico de las distintas tipologías mediante el uso de aplicaciones de simulación dinámica (TRN-SYS).

Determinación de los consumos energéticos por tipologías edificatorias. Se estiman los tipos de sistemas energéticos para obtener los correspondientes consumos. Se establecen también los consumos para otros usos como la iluminación, equipamientos y otros.

Determinación de los consumos energéticos del sector de la edificación en Barcelona. En base a la caracterización energética obtenida por cada una de las tipologías edificatorias y a la extrapolación a nivel de ciudad con las aplicaciones SIG y los consumos totales del sector se obtienen los valores globales de consumo y emisiones de ciudad.



Detalle de los diseños arquitectónicos para la tipología "vivienda de postguerra".



Detalle de las aplicaciones de simulación para una tipología edificatoria.



Matriz de consumo y representación por fuentes y usos para una tipología edificatoria.



Mapa SIG de emisiones de ciudad.

ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS EN EL SECTOR DOMÉSTICO

Planteamiento de propuestas de rehabilitación y de actuaciones en nuevas promociones. Para las 3 tipologías más representativas de edificios existentes se proponen medidas de rehabilitación. Éstas se definen tanto a nivel arquitectónico y constructivo como de mediciones. Análogamente se procede de forma similar proponiendo medidas de mejora en la tipología de nueva promoción (H9).

Evaluación de las demandas térmicas (calefacción y refrigeración) de las actuaciones en rehabilitación y de las de mejora. Se evalúan cuantitativamente cada una de las propuestas.

Determinación de los ahorros en consumos (energéticos, económicos) y en emisiones asociadas a las distintas propuestas de rehabilitación y mejora en la edificación de nueva promoción.

Actualización de la caracterización del consumo energético del sector edificación en Barcelona y nuevos escenarios y políticas de futuro. En base a los datos resultantes de las fases precedentes y al análisis de licitaciones de obras de los últimos años, se determina la nueva caracterización de consumo energético del sector en Barcelona, los escenarios de futuro y la base de las líneas estratégicas de la ciudad.

Las tipologías edificatorias

Para caracterizar energéticamente los edificios de viviendas de la ciudad, debe conocerse en primer lugar su evolución histórica. Hasta la unificación de los municipios cercanos con Barcelona (Gracia, Sarrià, Les Corts...), la planicie donde está situada la ciudad estaba ocupada por los núcleos urbanos de estos pueblos, separados entonces por campos y zonas de cultivo.

Para analizar la evolución de las construcciones desde entonces hasta nuestros días, se han definido cinco períodos relevantes que se establecen como el punto de partida para el posterior estudio de las tipologías edificatorias que existen actualmente:

- PRIMER PERIODO (HASTA EL SIGLO XIX)

En los cascos antiguos urbanos -y, particularmente, en el de Barcelona, rodeado por las murallas-, la trama viaria era irregular, con calles estrechas en las que se abrían parcelas con poca fachada y de gran profundidad. Originalmente, correspondían al modelo menestral en el que coexistían los espacios de actividad económica en la planta baja con las viviendas en las superiores. En muchos casos, los edificios eran sometidos a operaciones de remiendo o sustitución. Los métodos constructivos evolucionaron hacia los muros de carga de barro y la mampostería irregular, hasta que a principios de siglo XIX se vulgariza la obra de fábrica de ladrillo macizo. En las plantas bajas, no obstante, continúa utilizándose la mampostería de piedra de Montjuïc para evitar las humedades. Los techos se construyen con vigas de madera con entrevigado de bovedillas de yeso o baldosas cerámicas. Desde el punto de vista térmico, las viviendas de esta tipología no tienen buena ventilación, y la dimensión de los orificios de fachada y la estrechez de las calles no permiten una iluminación abundante de las estancias. En invierno, las viviendas son frías por la falta de sol y aislamiento, y la baja calidad de la carpintería, pero la compacidad de la edificación conlleva que tengan poco contacto con el exterior. En las viviendas bajo cubierta se acentúa el frío en invierno, mientras que en verano son muy calurosas debido a la falta de aislamiento de cubierta.

- SEGUNDO PERIODO (SIGLO XIX- GUERRA CIVIL)

Con la aprobación del Plan Cerdà a mediados de siglo XIX y la posterior agregación de los municipios vecinos, la ciudad rompe los límites que la constreñían y coloniza la planicie de Barcelona. Con la apertura de

las nuevas calles, el Eixample se superpone a la parcelación agrícola, dando lugar a solares más grandes que los de los cascos antiguos y, en ocasiones, irregulares. Estos solares y las ordenanzas del Plan Cerdà (las iniciales no se llegan prácticamente a aplicar) dan lugar a edificios donde los métodos constructivos todavía se parecen a los anteriores (muros de carga de ladrillos, vigas de madera, pero en los que se mejora la calidad del producto acabado. La amplitud de la parcela permite construir viviendas con doble orientación que ventilan mejor y favorecen el asoleamiento alternativo de las distintas estancias. Aparecen patios interiores que ventilan las viviendas, las vigas se ciegan con cielos rasos, aparecen las galerías en el centro de la manzana y aumenta la altura de los edificios. A medida que transcurre el siglo XX, y de forma parecida al cambio de los estilos y gustos arquitectónicos, también evoluciona la tecnología constructiva y determinados elementos constructivos. No se produce, sin embargo, un cambio drástico en la forma de construir ni en los lugares donde se construye. El Eixample crece, pero se mantiene todavía la construcción en zonas del casco antiguo y, por tanto, sobre parcelas con características tipológicas tradicionales. También se impulsan operaciones de dignificación de los cascos antiguos (apertura de la Vía Laietana, del Passeig de les Drassanes, del eje Ferran-Comerç...) que importan el modelo del Eixample a estas zonas. Desde el punto de vista energético, el Plan Cerdà presenta una ventaja muy importante, el espacio verde en el interior de la manzana, que proporciona un microclima muy favorable en las épocas estivales. Sin embargo, esta idea se pierde por la presión urbanística, por lo que se considera muy acertada la tendencia actual de recuperar algunos interiores de manzana como espacios verdes públicos. La típica vivienda del Eixample, organizada en torno a un largo pasillo de fachada a fachada, funciona bastante bien en términos de ventilación natural a pesar de su profundidad. En el caso de las unidades grandes posteriormente divididas, estos flujos de aire ya no se dan a consecuencia de las separaciones introducidas. La amplitud de las calles aporta un buen asoleamiento e iluminación de las estancias de las plantas superiores, pero las dimensiones de los patios no permiten una buena iluminación de las estancias interiores, sobre todo en las plantas inferiores. En invierno, las viviendas son atemperadas, ya que siempre da el sol en una de las dos fachadas (menos en las próximas a los rincones del patio de la manzana), pero la falta de aislamiento específico conlleva que las fachadas poco soleadas sean frías. En verano son

viviendas frescas, ya que se pueden ventilar bien y las protecciones solares son muy efectivas. Únicamente las estancias orientadas al oeste de las plantas superiores tienen tendencia a calentarse porque la fachada sin aislamiento acumula el calor del sol de la tarde. En las viviendas bajo cubierta se acentúa el frío en invierno debido a la falta de aislamiento de la cubierta a la catalana.

- TERCER PERÍODO (POSTGUERRA – AÑOS 70)

La guerra civil representa un paréntesis económico y un atraso social y tecnológico de gran envergadura. La postguerra arrastra sistemas de construcción tradicional, basados tanto en la desaparición de los ensayos previos como en la escasez de muchos materiales -fundamentalmente, acero y cemento- y de energía. Pero, sobre todo, desde el final de la segunda guerra mundial y la autarquía en la que vivió sumergida España durante unos años (coincidiendo con el cambio de década 1940-1950), se produce una incipiente recuperación económica que va acompañada de flujos migratorios ligados a la creciente industrialización del territorio de influencia de la ciudad, lo que acelera la construcción de edificios. A partir de 1945 y hasta la década de los setenta, aparece la figura del “polígono” como actuación global de urbanización y construcción, habitualmente de casas baratas, pequeñas y sencillas -en agregaciones de hasta 4.000 viviendas, impulsadas por organismos oficiales o empresas privadas, y que están destinadas a absorber la mano de obra inmigrante. Se consolida la estructura de hormigón (conviviendo inicialmente con los muros de carga), los cerramientos se aligeran (la cámara de aire adopta el papel de aislante que hasta entonces tenía la masa de las fachadas), las ventanas se hacen más grandes, desaparecen los cielos rasos sustituidos por revoltones prefabricados enyesados directamente, etc. Son años de gran actividad y también de gran especulación, durante los cuales aparecen nuevos sistemas tecnológicos y materiales constructivos de bajo coste. Urbanísticamente, el Plan comarcal de 1953 aumenta la altura reguladora y permite actuar en las fincas ya construidas para evitar la saturación del suelo. Tipológicamente, y al margen de la variedad que se da en los polígonos, las viviendas se hacen más pequeñas, cortándose éstas de forma paralela a la fachada. De esta forma, una misma escalera da acceso a cuatro viviendas, dos que se abren a la calle y otras dos al centro de la manzana. Los patios cambian su papel de elementos auxiliares por el de elementos imprescindibles para

la ventilación e iluminación de las viviendas. Hacia finales de los años sesenta desaparecen prácticamente los muros de carga y aparecen los techos reticulares y las jácenas llanas en detrimento de las de canto. Tímidamente aparece también la carpintería de aluminio -aunque convive todavía durante mucho tiempo con la madera-, y desaparece el acero. La división en viviendas interiores y exteriores impide la ventilación cruzada directa, que sólo se realiza entre la fachada y los patios interiores con no muy buenos resultados. Los patios son, en general, demasiado pequeños con respecto a la altura a ventilar y, sobre todo, a iluminar. Cada vivienda tiene únicamente una orientación, por lo que su comportamiento depende de la orientación. La amplitud de las calles permite un buen asoleamiento -según la orientación- y la iluminación de las estancias de las primeras crujías de las plantas superiores, pero las dimensiones de los patios no favorece la buena iluminación de las estancias interiores, sobre todo en las plantas inferiores. La falta generalizada de aislamiento y la mayor superficie de vidrio hace que sean viviendas sobre todo frías en invierno, excepto las que tienen buena insolación. En verano son viviendas calurosas, ya que se añade la dificultad de ventilación por la falta de aislamiento y la baja efectividad de las protecciones solares. Las viviendas bajo cubierta acentúan el frío en invierno y el calor en verano debido a la falta de aislamiento de las cubiertas. La baja calidad original de la carpintería exterior conlleva que haya muchas infiltraciones.

- CUARTO PERÍODO (1970-2000)

A mediados de los años setenta entra en vigor el nuevo Plan general que reduce las posibilidades de densificación que permitía el anterior, rebaja las alturas reguladoras, prohíbe las remontas, aumenta la dimensión de los patios, limita la profundidad edificatoria, etc. Las viviendas más estándar pierden superficie -también los núcleos familiares comienzan a reducir el número de miembros- que se sitúa alrededor de los 90 m², con cuatro habitaciones. En 1979, a raíz de la crisis del petróleo de 1973, se promulga la primera y única norma térmica estatal (NBE-CT-79), con la que se persigue el ahorro energético, sobre todo el relacionado con el consumo de calefacción de los edificios. A pesar de las reticencias iniciales, la falta de cumplimiento esmerado en muchos casos y las bajas exigencias de dichas normas de aislamiento, la habitabilidad de las viviendas mejora, en especial la de las más expuestas (bajo cubierta, muy asoleadas, etc.). Socialmente, el aislamiento y los dobles vidrios se